ANATOMIE DESCRIPTIVE

ET

DISSECTION



TOMIE DESCRIPTIVE

ET

DISSECTION

CONTENANT

mbryologie, la Structure microscopique des organes
et celle des tissus
Avec des aperçus physiologiques et pathologiques
Et une histoire de l'Anatomie.

PAR

J.-A. FORT

Docteur en médecine des Facultés de Paris, de Montevideo
et de Santiago du Chili,
libre d'anatomie et d'opérations chirurgicales à l'École pratique de la Faculté
de médecine de Paris,
irecteur de la *Revue chirurgicale des maladies des voies urinaires*.

Sixième édition entièrement refondue.

TOME PREMIER

BRYOLOGIE. HISTOLOGIE. CENTRES NERVEUX

2228 figures intercalées dans le texte,
10 planches coloriées.

ARIS

ES, ÉDITEURS

-DE-MÉDECINE, 23

PRÉFACE

C'est pour ceux qui ont besoin d'apprendre, plus que pour ceux qui savent, qu'on écrit un *Traité d'anatomie*. Ces derniers ont le plus souvent recours aux monographies et aux traités spéciaux. Un ouvrage d'anatomie doit être, selon moi, un livre élémentaire, un livre d'enseignement.

Je me rappelle avoir lu cette phrase dans l'*Histoire de la médecine* de Guardia : *Le moyen infaillible de rebuter les commençants, c'est d'étaler au bas des pages une érudition intempestive et suspecte*. J'ai été également frappé de ces quelques mots contenus dans la préface du *Précis d'histologie* de notre savant professeur Mathias Duval : « *Qui ne sut se borner ne sut jamais enseigner*. » Voilà ce que chaque auteur, ce que chaque professeur devrait avoir toujours présent à l'esprit.

Chaque auteur a une façon particulière, plus ou moins originale, d'exposer sa science.

L'anatomie, telle qu'on l'enseigne, est d'une aridité désolante. Que se propose-t-on dans l'enseignement de l'anatomie ? On veut faire comprendre à celui qui l'ignore ce qu'est un organe, cœur, poumon, foie, etc. Combien sèche, aride et inutile sera cette description, si l'on ne dit pas à quoi sert l'organe! Peut-on faire comprendre, par exemple à un élève les *valvules du cœur*, si l'on n'en indique pas les usages, si l'on ne lui dit pas qu'elles sont comparables à des

soupapes? Retiendra-t-il l'anatomie des *lobules*, ou *îlots cellulaires* du foie, si l'on ne lui explique pas que ces îlots servent à la fabrication du sucre et de la bile? Le grand Haller, cet homme incomparable, nous a donné l'exemple et nous a tracé la méthode. Le premier, parmi les anatomistes, il a su combiner avec talent la description et la fonction de l'organe. Ceux qui l'ont suivi ont mieux fait encore; après avoir décrit l'organe, ils ont fait connaître sa fonction, puis ses lésions. L'un des plus éminents du XIXe siècle, notre maître, Cruveilhier, approuve cette méthode : « toutefois, dit-il, je n'ai pas dû oublier que ce livre est destiné à des médecins, et non à des naturalistes, et j'ai été conduit, chemin faisant, à indiquer plus ou moins explicitement les applications immédiates de l'anatomie, soit à la physiologie, soit à la chirurgie, soit à la médecine. » (*Anat. descr.*, 4e édit., t. I, p. 13.)

Marchant dans la même voie, je ne puis comprendre le but de l'anatomie, si elle ne sert, pour l'élève, d'introduction à la physiologie et à la pathologie. Sans perdre de vue que la description de l'organe est le principal objectif, je songe sans cesse, dans l'étude de chaque tissu, de chaque organe, à soulever de temps en temps, devant l'élève, le voile de la fonction, de la lésion. En étudiant un livre d'anatomie conçu dans de telles idées, l'élève le lit avec plus d'intérêt, et il sent tout de suite que les sciences qu'il aura à étudier ensuite ne seront pas pour lui des inconnues.

L'anatomie est la base, le fondement de la médecine. Sans anatomie, on ne peut être ni physiologiste, ni pathologiste. Je reproduis ici avec plaisir cette réflexion de notre illustre Cruveilhier, et je souhaite que les élèves l'aient toujours présente à l'esprit : « Que les élèves n'oublient jamais que *sans anatomie il n'y a point de médecine;* et que toutes les sciences médicales sont greffées sur l'anatomie comme sur un sujet;

que plus ses racines seront profondes, plus ses branches seront vigoureuses et se chargeront de fleurs et de fruits. »

J'ai été pendant longtemps en contact avec la jeunesse studieuse ; j'ai toujours eu en vue l'avantage des élèves, en cherchant à aplanir les obstacles et à faire comprendre les points les plus délicats, les plus difficiles. J'ai surtout évité avec soin cette bibliographie encombrante dont on abuse parfois, sans aucun profit pour l'étudiant et qui ne sert qu'à grossir le livre.

La 6e édition de mon *Anatomie et Dissection* a été entièrement refondue. Je l'ai remaniée seul et sans aide, de fond en comble. Les immenses progrès réalisés en ces dernières années rendaient cette refonte indispensable.

Quoique cette édition soit d'un plus grand format que la précédente, l'ouvrage a près de 700 pages de plus, et les figures ont été portées de 1276 à plus de 2200. Cette édition contient en outre 10 planches en couleur hors texte.

J'ai cru utile d'ajouter une *Histoire de l'anatomie*, généralement ignorée des étudiants. La dernière que nous connaissons, celle de Cruveilhier, se trouve au commencement de la 3e édition de son *Anatomie descriptive* (1851).

Je considère ma carrière comme terminée. J'ai eu l'intention de parler de moi et des nombreuses injustices dont j'ai été l'objet. Mais en lisant les haines soulevées par les envieux contre la plupart des anciens anatomistes indépendants, j'ai cru plus digne de me taire.

J.-A. FORT.

Novembre 1901.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LES TROIS VOLUMES

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

R

T

U

V

W

Z

PLAN DE L'OUVRAGE

Il est matériellement impossible, dans l'état actuel de nos connaissances anatomiques, de faire un bon ouvrage d'anatomie, sans faire une incursion dans le domaine de l'histologie et de l'embryologie, et sans effleurer en même temps la physiologie et la pathologie. L'anatomie pure est aride, ses applications physiologiques et pathologiques intéressent le lecteur au plus haut degré.

Cette méthode logique, adoptée par moi dans les éditions précédentes, a été si favorablement accueillie que j'y ai encore recours aujourd'hui en cherchant à éviter l'écueil de trop longues dissertations pour ce qui n'est pas de l'anatomie pure.

Tous les éléments anatomiques du corps humain étant formés de protoplasma ou issus du protoplasma, j'ai commencé par l'étude de cette substance. Tout à fait au début de la vie, le corps de l'embryon est formé uniquement de cellules, d'où procéderont tous les tissus, tous les organes; il était donc logique de faire suivre l'étude du protoplasma de celle de la cellule en général.

Le protoplasma et la cellule étant connus, il devient facile d'étudier la formation de l'embryon et son développement, c'est-à-dire l'embryologie. La formation de l'embryon étant une conséquence naturelle de la fécondation et celle-ci étant le résultat de l'union du spermatozoïde et de l'ovule, j'ai pensé que les chapitres relatifs à l'embryologie devraient se succéder dans l'ordre suivant : spermatozoïde, ovule, fécondation, segmentation de l'œuf, formation et développement de l'embryon, formation des organes et des tissus. Je décrirai ensuite les tissus et j'aborderai l'anatomie descriptive, en commençant par l'ostéologie.

ANATOMIE HUMAINE
ET DISSECTION

SECTION PREMIÈRE
NOTIONS PRÉLIMINAIRES D'EMBRYOLOGIE, D'ANATOMIE GÉNÉRALE ET D'HISTOLOGIE

PREMIÈRE PARTIE
ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU CORPS HUMAIN ET EMBRYOLOGIE

CHAPITRE PREMIER
DU PROTOPLASMA

Définition. — On donne ce nom à une substance qui constitue les êtres organisés tant animaux que végétaux. Au début de la vie, tous les êtres vivants, végétaux et animaux, sont uniquement formés de protoplasma (1); plus tard celui-ci se modifie et subit des transformations, de sorte que les adultes sont formés de protoplasma et d'éléments divers, tous dérivés du *protoplasma primitif*. Les animaux unicellulaires, c'est-à-dire formés d'une seule cellule, autrement dit les *Protozoaires*, tels que les amibes, etc., sont formés uniquement de protoplasma (2).

Le protoplasma, ceci n'est pas douteux, est une matière vivante qui a une sensibilité obscure et qui se meut. La sensibilité et le mouvement sont donnés aux organes par le système nerveux. Or, il n'y a pas de nerfs dans le protoplasma. Nous devons donc en conclure que le protoplasma possède une sensibilité et une motilité qui lui sont propres.

(1) Du grec *protos* πρῶτος, premier, et *plasma* πλασμα, figure façonnée. C'est la première forme de l'organisation. (Je place à côté du grec des caractères connus de tous afin d'éviter des recherches souvent difficiles pour ceux qui ne connaissent pas ou qui ont oublié cette langue.)

(2) Synonymes : *protoplasme*, *plasma cellulaire*, *cytoplasma*, *sarcode*.

Où se rencontre-t-il? — Le protoplasma, ou protoplasme, forme le corps des innombrables cellules qui constituent le corps des animaux et des végétaux. Les animaux unicellulaires se rencontrent souvent sous forme d'énormes masses protoplasmiques, et ils se montrent tellement serrés qu'on éprouve quelque difficulté à les séparer. On dirait une masse unique de protoplasma parsemée de noyaux.

Ils forment dans les grands fonds de la mer une matière gluante plus ou moins mêlée à la vase.

On trouve encore de vrais gâteaux de protoplasma, formés par les *champignons myxomycètes*, sur le vieux bois pourri où cette substance trouve des matières assimilables dont elle se nourrit. Ces masses de protoplasma sont connues sous le nom de ***plasmodies***, ou *masses plasmodiales*.

On rencontre une certaine quantité de protoplasma au début de la formation du placenta chez divers mammifères; c'est ce qu'on appelle ***plasmode placentaire*** (1).

Le protoplasma végétal peut être recueilli à pleines mains sur la tannée, dans les tanneries, où il forme des masses de couleur jaunâtre : ce sont encore des masses plasmodiales de champignons myxomycètes, formées par une quantité colossale de spores ou cellules agglomérées. On donne à ces masses le nom de ***fleur de tan***.

Je décrirai d'abord ses caractères physiques et chimiques; nous verrons ensuite par quels phénomènes il manifeste sa vitalité; car le *protoplasma* est, je le répète, ***une matière vivante***.

Caractères physiques et chimiques. — La substance du protoplasma est incolore ou légèrement grisâtre, molle et un peu visqueuse.

Sa réaction est *alcaline*, comme celle de tous les tissus, car il est bon de savoir que *tous les phénomènes vitaux se produisent dans des milieux alcalins.*

Le protoplasma est une *matière azotée* formée par la combinaison de l'oxygène, de l'hydrogène, du carbone et de l'azote. Selon les organes, selon les besoins de la vie, il s'ajoute à ces éléments chimiques un peu de phosphore, de fer, etc. *Analysé*, il donne 75 p. 100 d'eau et des matières salines. C'est une matière albuminoïde complexe renfermant diverses substances telles que cholestérine, vitelline, lécithine, myosinogène, etc. La ***composition chimique*** du protoplasma varie d'un moment à l'autre, puis-

(1) Mathias Duval. Paris, 1892, *Le placenta des rongeurs*. — 1895, ***Le placenta des carnassiers***.

qu'il est le siège incessant d'assimilation et de désassimilation.

La *chaleur* le coagule. Il en est de même de la plupart des réactifs chimiques, qui le durcissent en le coagulant.

Animaux reviviscents. — Phénomène remarquable qui s'observe sur certains *Trochozoaires*, comme les *Rotateurs* ou *Rotifères*, dont l'organisation est des plus rudimentaires : lorsqu'on dessèche lentement ces animaux, uniquement formés de protoplasma, ils sont absolument privés de vie et peuvent rester dans cet état pendant un grand nombre d'années. Si on vient à leur rendre l'eau perdue par la dessiccation, ils recouvrent la vie qui avait été supprimée pendant une longue période. C'est pourquoi on a donné aux rotifères le nom d'*animaux reviviscents*. Il en est de même des spores d'un grand nombre de plantes et des bacilles de la tuberculose contenus dans les crachats. Il est prouvé que des crachats de phtisiques, desséchés depuis longtemps contre les murs ou sur un plancher, se mêlant à la poussière, possèdent encore leur virulence et sont contagieux.

Vitalité. — Le protoplasma se meut, il respire, il sent, il digère, il sécrète, il excrète, il se nourrit et il se reproduit.

Mouvements du protoplasma. — Les mouvements du protoplasma sont visibles à l'œil nu. Les masses, dites *plasmodiales*, de protoplasma dont je viens de parler, peuvent se déplacer. Elles parcourent jusqu'à un demi-millimètre par minute, et il n'est pas rare de les voir parcourir un mètre et plus en quelques jours pour éviter la sécheresse et l'action de la grande lumière : aussi les trouve-t-on plus particulièrement dans les endroits humides et ombragés (1).

La *direction* des mouvements du protoplasma est parfois soumise à certaines influences qui exercent attraction ou répulsion sur le protoplasma. C'est ce qu'on désigne sous le nom de *tropisme* ou *taxie*.

Lorsque les mouvements du protoplasma se dirigent vers les endroits obscurs, abrités des rayons du soleil, on dit qu'il y a *héliotropisme négatif*; il est *positif* si les mouvements se dirigent vers la lumière.

Lorsqu'on fait passer un courant électrique dans un liquide contenant des animaux unicellulaires, comme des protozoaires ou des cellules végétales, les uns se portent sur le trajet du courant, *galvanotropisme positif*, les autres s'en écartent, *galvanotropisme négatif*.

(1) Van Tieghem, Paris, 1884. *Traité de botanique*.

L'influence exercée par certaines substances chimiques se nomme *chimiotropisme* ou *chimiotaxie* ; lorsque la substance attire les mouvements du protoplasma comme le fait l'oxygène pour les cellules lymphatique ou leucocytes, on dit qu'il y a *chimiotropisme positif* ou *chimiotaxie positive*. Dans le cas contraire il y a *chimiotropisme négatif* ou *chimiotaxie négative*.

Le protoplasma possède d'autres mouvements de sa propre substance auxquels on donne le nom de *mouvements amiboïdes*. parce qu'on les a surtout observés sur les animaux unicellulaires appelés *amibes*. Ces mouvements consistent dans la formation de petits prolongements, ou *pseudopodes*, qui émergent de la surface du protoplasma et qui rentrent à la manière des tentacules des escargots. Ces prolongements visqueux concourent au déplacement en masse du protoplasma. (Voy. les *Mouvements amiboïdes des cellules* dont l'histoire est inséparable de celle du protoplasma.)

Respiration du protoplasma. — L'oxygène de l'air est absorbé par le protoplasma, il se combine avec le carbone pour former des composés oxycarbonés, et principalement de l'acide carbonique qui est rejeté à l'extérieur.

Mettez sous le microscope une goutte de lymphe, par exemple celle qui sera extraite d'un sac lymphatique sous-cutané de la grenouille, et recouvrez-la d'une lamelle de verre. Observez et abandonnez la préparation. Vous constaterez le lendemain que le plus grand nombre des cellules lymphatiques, au moyen de leurs mouvements amiboïdes, se sont portées vers les bords de la plaque, venant au contact de l'air extérieur, pour respirer. Si on empêche l'arrivée de l'air par occlusion, ces cellules deviennent immobiles, elles sont asphyxiées. (Expérience de Warthon Jones.)

Sensibilité du protoplasma. — La sensibilité du protoplasma est parfaitement démontrée par l'expérience suivante de Metchnikoff. Il cautérise avec du nitrate d'argent le bord d'un gâteau de protoplasma du côté où celui-ci se meut, se déplace. On constate aussitôt que le protoplasma change de direction, rétrograde pour ainsi dire, puis il se débarrasse de la portion cautérisée, morte, qu'il rejette et abandonne.

Digestion, sécrétion, excrétion du protoplasma. — Si on jette sur le protoplasma vivant des grains de poussière fine, on voit se former de petits prolongements ou *pseudopodes* qui saisissent les corpuscules et les incorporent dans leur propre substance ; c'est là un des effets des *mouvements amiboïdes* du protoplasma. Si une diatomée entourée de sa capsule siliceuse se trouve en contact avec le protoplasma, celui-ci se l'incorpore de la même manière et

en digère la partie assimilable, rejetant ensuite au dehors la capsule qui n'est pas digestible. Cette expérience démontre aussi la *sensibilité* du protoplasma.

Lorsque le protoplasma, au moyen de ses mouvements amiboïdes, s'est emparé d'un corpuscule pulvérulent soluble, celui-ci est placé dans une maille du réseau de la substance du protoplasma où il est absorbé ; on voit se produire aussitôt une sécrétion légèrement acide autour du corpuscule qui finit par être digéré.

Le *protoplasma se nourrit*. — La nutrition du protoplasma est démontrée par les phénomènes précédents. De plus, le protoplasma perdant de l'eau par la dessiccation, doit puiser ce liquide dans les milieux ambiants, ce qui est évident pour les animaux unicellulaires. Il se forme dans le protoplasma des composés azotés, produits de désassimilation, qui doivent être rejetés ; il est nécessaire, pour réparer ces pertes, que le protoplasma absorbe de l'eau, du carbone et de l'azote.

Le *protoplasma se reproduit*. — Nous étudierons longuement le phénomène en parlant des cellules.

Structure et organisation du protoplasma. — Il y a juste un quart de siècle qu'on connait la structure du protoplasma, grâce aux travaux de Strasburger (1876), de Flemming (1882), de Kunstler (1882), etc. (1). Avant 1873, on croyait que le protoplasma était formé simplement d'une substance granuleuse à peu près homogène. On sait aujourd'hui que cette substance est une sorte d'*éponge imbibée de liquide*. En effet, on y constate la présence d'un filament pelotonné sur lui-même, formant des circonvolutions comme l'intestin grêle et connu sous le nom de *réseau protoplasmique*. Flemming décrit ce filament comme formé de granulations disposées les unes à la suite des autres à la manière des grains d'un chapelet. Les circonvolutions décrites par ce filament se mêlent et s'entre-croisent de manière à former un réseau dans les mailles duquel se trouve le *liquide protoplasmique*. (Voy. *Cellule*.)

(1) E. Strasburger, 1876. *Formation et division des cellules*, Iéna. — J. Kunstler, 1882. *De la constitution du protoplasma*. (*Bull. scientif. du départ. du Nord*.) — W. Flemming, 1882. Zellsubstanz, Kern, etc. ; Leipzig. — Yves Delage, 1895. *La structure du protoplasma et les théories de l'hérédité*, Paris.

qui mesurent de 100 à 120 μ : elles sont visibles à l'œil nu. La plus volumineuse des cellules est l'ovule qui a 200 μ.

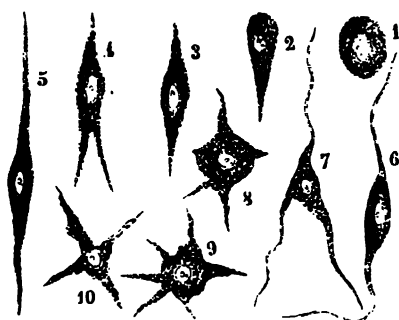


Fig. 4. — Cellules différenciées en cellules fusiformes et étoilées.



Fig. 5. — Cellules différenciées en cellules fusiformes.

Forme. — La plupart des cellules, lorsqu'elles ne subissent pas de pressions, sont arrondies, comme les cellules de l'œuf après la fécondation. Au moment où elles se différencient, les cellules embryonnaires changent de forme. Si elles sont pressées par d'autres cellules elles présentent des facettes et deviennent polyédriques, comme les cellules hépatiques et certaines cellules épithéliales. Quelques-unes sont discoïdes, comme les globules rouges du sang, d'autres étoilées comme les cellules nerveuses, les corpuscules du tissu conjonctif et les cellules du *mésenchyme* de l'embryon. Les figures 4 à 8 montrent diverses formes de cellules.

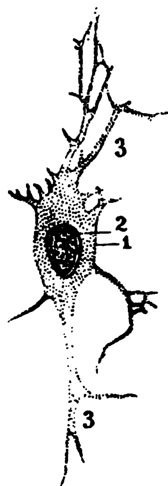


Fig. 6. — Cellule fixe ramifiée du tissu conjonctif.

Leurs mouvements. — Quelques cellules présentent des mouvements fort curieux découverts par Warthon Jones. On les observe surtout dans les cellules lymphatiques, ou leucocytes ; on leur donne le nom de *mouvements amiboïdes* à cause de la ressemblance de ces mouvements avec ceux de certains protozoaires (animaux unicellulaires) appelés *amibes*. On peut observer ces mouvements sous le champ du microscope. De la périphérie de la cellule on voit partir des prolongements, ou *pseudopodes*. Ces prolongements, lorsqu'ils

se montrent d'un seul côté, entraînent quelquefois tout le corps de la cellule, qui se déplace. S'ils rencontrent un corpuscule très léger, de la poudre de charbon, de la poudre de carmin, ou même un globule sanguin, ils l'attirent, l'incorporent dans leur propre substance et le digèrent. Les pseudopodes sont tantôt obtus et courts, tantôt longs et en forme de filaments. (Voy. plus haut *Mouvements du protoplasma*) (1).







Fig. 7. — Cellules fenêtrées de l'appendice iléocæcal du lapin, montrant quel degré de bizarre déformation peuvent acquérir certaines cellules (d'après Renaut) (Alcool au tiers, coloration au picrocarminate, fixation par l'acide osmique, 1 p. 100, conservation dans la glycérine).

A, cellule à plateau strié.
B, C, cellules fenêtrées :
- 1, plateau ;
- 2, noyau de la cellule ;
- 3, plateau basal ;
- 4, cellule lymphatique engagée dans une cavité de la cellule fenêtrée.

J'ai déjà dit (voy. *Protoplasma*) que les mouvements du protoplasma sont propres à cette substance et qu'il ne contient pas des nerfs. On n'a trouvé de nerfs ni à la surface ni à l'intérieur des cellules, excepté toutefois dans les cellules des culs-de-sac glandulaires.

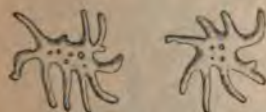


Fig. 8. — Mouvements amiboïdes des cellules ; pseudopodes.

Diapédèse. — Cohnheim a décrit sous le nom de *diapédèse* (2) un acte physiologique qui prend une grande importance en pathologie. Les cellules lymphatiques, ou leucocytes, très répandues dans les tissus, mais abondantes surtout dans le sang et dans la lymphe, peuvent, au moyen de leurs prolongements amiboïdes traverser la paroi des capillaires de dedans en dehors et se répandre dans les tissus. Dans

(1) Ne pas confondre les mouvements amiboïdes avec les *expansions sarcodiques* de Dujardin qui ne sont qu'un phénomène cadavérique du protoplasma en décomposition.

(2) Du grec *diapedesis* διαπήδησις, action de franchir. Cohnheim, 1867. *Ueber Entzündung und Eiterung* (Virchow's arch., vol. XL, p. 26).

ce phénomène, appelé *diapédèse*, les leucocytes traversent des interstices qui séparent les cellules endothéliales de la paroi des



Fig. 9. — Terminaisons nerveuses au contact des cellules glandulaires (d'après Arnstein).

A gauche, cellule de la parotide du lapin; les ramifications nerveuses se terminent autour de la cellule par une série de boutons terminaux.

A droite, cellule de la glande mammaire d'une chatte en gestation. Les fibrilles nerveuses se terminent à la surface des cellules par une série de boutons terminaux en grappe.

capillaires et les cellules elles-mêmes. Par ces mêmes mouvements amiboïdes les leucocytes peuvent également pénétrer dans les capillaires, de dehors en dedans. Dans l'épaisseur des tissus également, les corpuscules lymphatiques se déplacent et s'insinuent



Fig. 10. — Passage des leucocytes à travers la paroi d'un capillaire, par diapédèse, d'après Arnold.

1, portion du globule blanc ou leucocyte, sortie du capillaire. — 2, issue d'un globule blanc dont il ne reste qu'une petite portion dans le capillaire. — 3, ciment intercellulaire.



Fig. 11. — Diapédèse d'un leucocyte à travers la paroi d'un capillaire, le sang étant immobile (Metchnikoff). On voit un globule blanc au moment de sa sortie. La portion extérieure montre déjà des pseudopodes.

entre les éléments anatomiques ; c'est pour cela qu'on les nomme *cellules migratrices*, de sorte qu'il existe dans certains tissus,

comme le tissu conjonctif, deux sortes de cellules, les cellules *fixes* et les cellules *migratrices*.



Fig. 12. — Cellules du tissu conjonctif de la nageoire d'un embryon d'axolotl (d'après Metchnikoff).

1, cellule migratrice. — 2, 2, 2, cellules fixes. — 3, prolongements du protoplasme des cellules fixes.

Phagocytose. — Metchnikoff a donné aux cellules lymphatiques, ou leucocytes, le nom de Phagocytes (1) et le nom de *phagocytose* à l'acte accompli par les phagocytes. L'action de s'incorporer des globules rouges du sang au moyen de leurs mouvements amiboïdes et de les digérer est de la phagocytose. Lorsque des organes contenant beaucoup de cellules lymphatiques, comme la rate, détruisent les globules rouges il y a phagocytose. Dans le sang extravasé, ecchymoses, etc., les globules lymphatiques détruisent les globules rouges par phagocytose. C'est par phagocytose que les microbes sont détruits dans l'organisme ; les phagocytes se les incorporent et les digèrent.

Mouvement brownien. — On donne le nom de *mouvement brownien*, décrit par Robert Brown, à une sorte de trépidation des granulations du protoplasma des cellules, lorsqu'on les met en contact avec l'eau ; mais ce phénomène ne s'observe que dans les cellules dépourvues de vie et ramollies. On pense que le mouvement est dû aux impulsions que chaque granulation reçoit du calorique rayonnant émis par les corps du voisinage.

Sécrétion des cellules. — Les cellules, comme les microbes, du reste, ont la propriété d'exhaler, de sécréter, pour ainsi dire, les

(1) Du grec *faguein* φαγεῖν, manger, et *cutos* κυτος, cellule. Cellule qui mange, qui dévore.

substances qui les entourent. Dans les premiers temps de la période embryonnaire, elles côtoient les cellules voisines, mais à mesure qu'elles se différencient pour former tel ou tel tissu elles s'entourent d'une substance intercellulaire, comme la substance fondamentale du cartilage, des os, du tissu conjonctif, le ciment intercellulaire des épithéliums, etc.

Lorsqu'une cellule est pourvue d'une enveloppe, d'une membrane, celle-ci est produite par le protoplasma.

Toutes ces productions extérieures, véritables sécrétions, ont reçu le nom de *productions exoplasmiques* par opposition à celui de *productions endoplasmiques* donné aux substances produites à l'intérieur du protoplasma, en dedans de la cellule elle-même : la substance des fibrilles musculaires est une production endoplasmique, de même que les fibrilles des cellules nerveuses et leurs prolongements ; l'amidon animal ou *glycogène*, est une production endoplasmique des cellules hépatiques ; le mucigène, les granulations de ferment sont des productions endoplasmiques des cellules glandulaires.

Les productions endoplasmiques sont à l'*état figuré* comme cela s'observe fréquemment chez les végétaux : leucites, grains d'amidon, pigment, chlorophylle, graisse, cristaux, etc., ou à l'*état diffus,* comme le glycogène dans les cellules du foie. Dans cet état, la substance dissoute dans le suc cellulaire imbibe le spongioplasma de la cellule ; elle n'est révélée que par les réactifs chimiques qui la colorent ou la précipitent.

Au point de vue chimique (1) on peut dire que la cellule vivante est un véritable laboratoire où sont élaborées les substances les plus diverses.

Le protoplasma s'assimile des substances qu'il emprunte aux milieux ambiants, il les transforme en produits nouveaux qu'il élabore, qu'il rejette et dont il s'entoure. Ces réactions chimiques engendrent des phénomènes électriques. Mais je n'irai pas plus loin dans cette voie encore mal défrichée et peu connue.

Cependant je dois faire remarquer que les éléments cellulaires de l'organisme se comportent individuellement comme des ferments animés. Leur vie consiste dans la production d'actions chimiques variées. Les cellules s'assimilent certaines substances et en rejettent d'autres qui auraient une influence nocive si elles n'étaient transportées au loin, et il est à peu près certain que les cellules périraient de la même manière que la levure de vin au contact de l'acide carbonique dans une cuve. Les produits d'excrétion des cellules tels que l'acide carbonique, l'urée, l'acide

(1) Voy. A. Gautier. *Chimie de la cellule vivante.*

urique, etc., doivent être éliminés ; l'acide carbonique est pris par le sang des capillaires qui le transportent au poumon, les autres substances prennent aussi la voie du sang pour être portées aux organes éliminateurs, les reins en particulier.

Structure de la cellule. — La cellule, telle qu'elle est connue aujourd'hui, abstraction faite des opinions si variées qui ont été émises sur sa constitution, est composée d'une petite sphère de protoplasma contenant toujours un noyau et des nucléoles, et quelquefois une membrane enveloppante. Grâce aux progrès de la technique bien plus qu'à la perfection des instruments grossissants, on est parvenu à pénétrer dans les profondeurs des parties constituantes de la cellule. A part quelques divergences parmi les auteurs sur les points secondaires, on peut dire qu'il existe un accord à peu près unanime sur les points principaux.

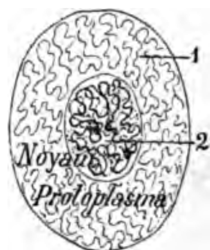


Fig. 13. — Structure d'une cellule.

1, Mitome du protoplasma ou cytomitome, formant le spongioplasma. — 2, Mitome du noyau, ou karyomitome, plus épais que le cytomitome. On voit plusieurs nucléoles sur le trajet du karyomitome.

J'ai dit plus haut ce qu'il faut penser de le membrane d'enveloppe. Je parlerai du protoplasma, du noyau et du nucléole.

1° *Protoplasma.* — Je prie le lecteur de relire ce que j'ai déjà dit au sujet du protoplasma considéré d'une manière générale.

Le protoplasma des cellules est identique dans les cellules animales et dans les cellules végétales. Depuis un quart de siècle on a reconnu que cette substance, demi molle, contient un réseau filamenteux imbibé de liquide. Le réseau est appelé *réseau cellulaire*, *réseau filamenteux* ou *spongioplasma*. Le liquide qui occupe les mailles du réseau est le *suc cellulaire* ou *hyaloplasma*.

Le *réseau cellulaire* est formé d'un ou plusieurs filaments (selon Flemming) pelotonnés irrégulièrement et formant des circonvolutions. Ce filament a reçu le nom de *mitome* (1) (fig. 13). Pour le distinguer du mitome du noyau, *karyomitome* (2), on l'appelle *cytomitome* (3).

Le filament est formé, d'après Flemming, par des granulations placées bout à bout comme les grains d'un chapelet, de sorte qu'il

(1) Du grec *mitos* μιτος, filament.

(2) Du grec *karion* καρυον, noyau, et *mitos* μιτος, filament, c'est-à-dire filament du noyau.

(3) Du grec *kutos* κυτος, cellule, et *mitos* μιτος, filament, c'est-à-dire filament de la cellule.

est *moniliforme*. Ces granulations sont appelées ***microsomes*** (1).

Dans ces dernières années on a trouvé deux corpuscules sphériques situés dans le protoplasma contre le noyau. Il n'y en a souvent qu'un (fig. 14). On les nomme ***sphères directrices***, ***sphères attractives*** (2). Nous verrons plus loin qu'on leur fait jouer un rôle important dans la multiplication des cellules. Chaque sphère directrice possède à son centre un petit corpuscule appelé ***centrosome***. Telle est la structure de cette sorte de substance spongieuse imbibée du suc cellulaire.



Fig. 14. — Schéma de la structure d'une cellule.

On y voit les mêmes parties que dans la figure 13 et les sphères attractives en plus, avec leur centrosome.

2° *Noyau*. — Le noyau est une petite cellule dans la cellule. Il faut le distinguer à l'état de repos et à l'état d'activité, c'est-à-dire en prolifération.

a. *A l'état de repos, il brille comme une perle fine* au milieu de la cellule, selon l'expression de Carnoy (3). Généralement arrondi, le noyau peut affecter diverses formes. Unique en général, il peut être double ou multiple comme dans les leucocytes et les myélo-



Fig. 15. — Leucocytes. (300 diam.)

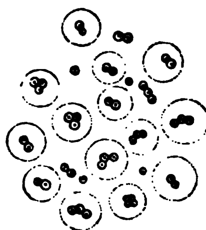


Fig. 16. — Les mêmes, après l'action de l'acide acétique, qui a rendu les leucocytes transparents et les a gonflés.

plaxes de la moelle des os. Il est constant. Dans quelques cas cependant, comme dans les leucocytes, le noyau n'est pas très apparent ; on est alors obligé de donner de la transparence au protoplasma au moyen de l'acide acétique (fig. 15 et 16).

(1) Du grec *micros* μικρός, petit, et *soma* σωμα, corps, c'est-à-dire petits corpuscules.

(2) L. Guignard, 1894. Sur l'origine des sphères directrices. Comptes rendus de l'Acad. des sciences.

(3) J.-B. Carnoy, 1894. La cytodiérèse chez les arthropodes. Louvain. (*La biologie cellulaire*.)

Le noyau prend les matières colorantes avec plus d'intensité que le protoplasma. Le carmin le colore en rouge vif tandis que le protoplasma prend une teinte légèrement rosée.

Sa structure est des plus intéressantes.

C'est à Flemming d'abord, puis à d'autres histologistes, qu'on doit les connaissances qu'on possède actuellement sur la structure du noyau.

Le noyau est composé, comme le protoplasma, d'un réseau emprisonnant un suc dans ses mailles : *réseau nucléaire* (1) et *suc nucléaire*. Mais ici les choses sont plus évidentes, à tel point qu'on a pu dérouler le filament ou mitome, autrement dit le *karyomitome*.

L'aspect en réseau est dû à l'entre-croisement, à la superposition des circonvolutions du filament. La disposition moniliforme est ici très accentuée et on voit nettement les grains ou *microsomes*, séparés les uns des autres par une substance intermédiaire.

Les grains, ou microsomes du noyau, *karyomicrosomes*, sont formés de *chromatine* et la substance intermédiaire qui les sépare est connue sous le nom de *linine*. Le suc nucléaire baigne toutes les parties du filament (2).

Ces nouvelles découvertes sont dues aux progrès de la technique microscopique. On a remarqué que, au contact des matières tinctoriales qui agissent sur le noyau, *c'est son réseau qui se colore*, d'où le nom de *substance chromatique* ou *chromatine*, tandis que le suc nucléaire ne se colore pas ou presque pas, d'où le nom de *substance achromatique* ou *achromatine* donné au suc nucléaire (3).

La chromatine est une substance albuminoïde phosphorée à laquelle Zacharias a donné le nom de *nucléine*. Elle fixe les colorants basiques, tels que la safranine. La *linine* qui unit les microsomes, ou grains, ne se colore pas. Elle n'est donc pas chromophile comme la nucléine. Carnoy résume ainsi la structure du

(1) Synonymes : *trame nucléaire, réticule, spongioplasma, chromatine.*

(2) Warthon Jones, 1846. *The blood corpuscule considered in its different phases of développement* (Philosoph. Trans. London). — Butschli, 1876. *Studien über Eizelle*, etc., Francfort. — P. Gilis, 1886. *Prolifération de la cellule par karyokinèse*, Paris. — L. Guignard, 1894. *Sur l'origine des sphères directrices*. Acad. des Sciences, Paris. — F. Henneguy, 1896. *Leçons sur la cellule, morphologie et reproduction*, Paris.

(3) Les diverses parties constituantes de la cellule, après durcissement par l'alcool ou les acides, se colorent facilement lorsqu'elles sont mises en contact avec les divers réactifs colorants. Le noyau surtout a une grande affinité pour ces réactifs comme le fit connaître Gerlach en 1858, en employant le carmin. On emploie aujourd'hui divers réactifs colorants; l'hématoxyline, l'éosine, le picro-carmin de Ranvier, les colorants dérivés de l'aniline, etc.

noyau : c'est, dit-il, *une manière de petite cellule logeant un boyau tortillé de nucléine.*

Le noyau a-t-il une enveloppe? La question est controversée. Selon Mathias Duval, la membrane, enveloppe du noyau, est quelquefois évidente et bien distincte, mais en général, la susdite membrane n'est que la surface plus condensée du noyau.

Le *suc nucléaire, substance achromatique*, est demi-liquide; on peut le comparer à du blanc d'œuf frais (Pfitzner). Il est entièrement amorphe. Sous l'influence des réactifs, il devient finement granuleux. Le vert de méthyle et autres matières colorantes spécifiques du filament du noyau ne le colorent pas, mais le suc nucléaire a de l'affinité pour les matières colorantes qui colorent le réseau du protoplasma, comme le carmin, l'hématoxyline, le picro-carminate d'ammoniaque, etc. Sa composition chimique n'est pas bien connue, il tient évidemment des matières en dissolution.

Rapports du noyau et du protoplasma. — Il règne un certain désaccord entre les auteurs sur ce point : les uns prétendent que le noyau est une vésicule et possède par conséquent une membrane d'enveloppe, les autres soutiennent qu'il y a contact immédiat entre la substance du protoplasma et celle du noyau.

Les *granulations* qu'on décrivait autrefois dans le noyau ne sont que des sortes de nœuds du filament, des points d'entre-croisement du mitome.

D'après Roule (voy. *Cours de zoologie médicale*, Toulouse 1889), la paroi du noyau serait formée par un mitome périphérique fort mince. Souvent cette paroi nucléaire serait percée de plusieurs ouvertures à travers lesquelles le suc nucléaire communiquerait avec le suc cellulaire du protoplasma.

3° *Nucléoles.* — Les nucléoles sont de petits noyaux dans le noyau. Il y en a ordinairement plusieurs et une cellule avec un seul nucléole est chose rare.

L'un des nucléoles, *nucléole principal*, est plus volumineux que les autres dits *nucléoles accessoires*. Selon Flemming, ce sont des portions de substance nucléaire, à surface lisse, nageant quelquefois dans le suc nucléaire mais suspendues le plus souvent au réseau chromatique. D'après Leydig, Balbiani, etc., les nucléoles seraient en connexion constante avec le réseau nucléaire, quelquefois même, d'après Leydig, avec la paroi du noyau. Selon Pfitzner et Carnoy, les nucléoles flotteraient librement dans le suc nucléaire.

b. *A l'état d'activité*, lorsque les cellules se reproduisent, le noyau *entre en mouvement*, et il s'opère en lui des changements,

des mouvements tels qu'ils méritent une description à part que je ferai plus loin sous le nom de *karyokinèse.*

Influence du noyau sur le protoplasma. — Le noyau donne la vie au protoplasma. Dès que le noyau disparaît, le protoplasma devient inerte, il se désagrège. L'influence vitale du noyau sur le protoplasma a été démontrée par Balbiani (*Recueil zoologique suisse*, t. V, 1888), Le Dantec (*Encyclopédie des aides-mémoire*, Paris, 1895) et plusieurs autres. Voici leurs expériences faites sur des animaux unicellulaires. — Quand on divise une *amibe* en deux fragments, le fragment qui contient le noyau continue à vivre tandis que l'autre se flétrit, se dessèche, se désagrège, se détruit. — Après section en deux fragments d'un *rhizopode* qui a la faculté de se sécréter une mince coquille calcaire, les fragments de l'animal régénèrent une coquille sur la plaie, mais il est à remarquer que les fragments dépourvus de noyau en sont incapables. Le Stentor est un infusoire, animal unicellulaire, dont la chromatine ou nucléine, au lieu de former un noyau unique, est disposée sous forme de grains isolés. Si l'on divise cet animal en plusieurs fragments, chacun d'eux reproduit un animal complet; si l'un des fragments ne contient qu'un petit grain de chromatine il donne naissance également à un animal complet, mais plus petit. Dans le cas où l'un des fragments ne possède pas un noyau, celui-ci s'atrophie et meurt. Ces expériences sont dites de *mérotomie* (de *meros* μερος, portion, et de *tomé* τομη, coupure).

En somme, le protoplasma et le noyau sont des parties indispensables de la cellule; ils exercent l'un sur l'autre une action réciproque. C'est pourquoi il ne peut exister de cellule sans noyau ni de noyau sans protoplasma.

Formation des cellules. — Il est reconnu aujourd'hui que la division d'une cellule peut se faire suivant deux modes principaux : ou bien le noyau subit des modifications profondes dans sa structure, ou bien celle-ci n'est pas modifiée d'une manière sensible. Dans ce dernier cas on dit qu'il y a *division directe* (fig. 17);



Fig. 17. — Division directe ou acinétique, d'après Remak.

1, premier degré de l'étranglement. — 2, degré plus avancé. — 3, l'étranglement est prêt à se rompre (Grossissement 300).

s'il y a modification profonde du noyau, on a la *division indirecte.*

Dans la *division directe*, je le répète encore, comme Remak l'a observé sur les globules rouges nucléés du sang de l'embryon, on voit l'étranglement du noyau se faire sans modification de celui-ci qui conserve tous ses caractères. On donne encore à ce mode de division le nom d'*acinétique* (1).

La *division indirecte*, la plus importante, s'observe plus fréquemment ; on l'appelle *division cinétique* et mieux *karyokinèse* à cause des changements mouvementés du noyau. L'expression karyokinèse est généralement adoptée.

Les changements profonds et assez compliqués qui se produisent dans le noyau n'ont qu'un but : *répartir en deux parties égales* dans les deux cellules filles qui vont naître de la cellule mère, la substance du filament chromatique, en un mot la *chromatine* du noyau. Car il ne faut pas oublier que le filament pelotonné de chromatine est la partie essentielle du noyau et par conséquent de la cellule. La chromatine est le substratum de l'hérédité, la substance au moyen de laquelle la cellule mère transmet tous ses caractères aux cellules filles. Il est donc nécessaire que chacune des cellules filles reçoive en quantité égale la substance qui doit la faire ressembler à la cellule mère. C'est ainsi que la tête du spermatozoïde, véritable noyau, se comporte dans le protoplasma de l'ovule pour donner naissance à des cellules filles ayant chacune une égale proportion de la chromatine contenue dans l'ovule et dans la tête du spermatozoïde. Les monstres proviennent de la division irrégulière du noyau. (Voy. *Embryologie.*)

KARYOKINÈSE

Ce mot signifie mouvement du noyau (de *caryon* καρυον, noyau et kinesis κινεσις, mouvement). Ce chapitre aurait pu être aussi bien intitulé : *reproduction des cellules*, *prolifération cellulaire.* On dit caryocinèse et mieux karyokinèse (2).

Il semble que les auteurs ont compliqué à plaisir la description des phénomènes de la karyokinèse par une nomenclature difficile.

Voici en résumé ce qui se passe. Quand une cellule se reproduit, elle se divise en deux fragments égaux qui se diviseront à leur tour et ainsi de suite pendant une série de générations.

(1) Du grec *a* privatif, et *kinésis* κινεσις, mouvement, c'est-à-dire sans mouvement, par opposition à la division suivante dite cinétique, c'est-à-dire avec mouvement du noyau.

(2) Synonymes : *cinèse, division cinétique, division mitosique, mitose.*

Il se fait dans la cellule un travail auquel prennent part le protoplasma et le noyau.

Les deux sphères directrices se séparent et se portent sur deux points opposés du protoplasma (pôles). Le mitome du protoplasma, ou cytomytome, se désagrège et forme des granulations qui se divisent en deux groupes. Ceux-ci se dirigent par moitiés égales vers les sphères directrices.

En même temps le noyau s'est modifié. Son mitome ou caryomitome devient moins flexueux, il grossit, se raccourcit et finalement se brise en plusieurs fragments égaux. Ceux-ci se partagent en deux groupes semblables. Chacun de ces groupes se dirige vers une sphère directrice qui les attire, pour ainsi dire. Les fragments du mitome se rapprochent, se condensent et se soudent de manière à refaire un nouveau mitome absolument semblable au mitome primitif. Une fois que les deux noyaux sont formés, la masse du protoplasma se divise en deux parties. Voilà comment deux cellules filles naissent d'une cellule mère.

Il s'agit donc là d'un procédé particulier qui a pour but de répartir en deux parties exactement semblables la substance du noyau, autrement dit son mitome, sa chromatine.

Passons aux détails. Les phénomènes de la karyokinèse sont des phases successives, des stades, des degrés si l'on veut, auxquels on a donné des noms qui ne servent qu'à surcharger inutilement la mémoire.

a. **Changements dans le protoplasma.** — 1° Le phénomène initial se produit dans le protoplasma. Les deux sphères directrices qui



Fig. 18. — Commencement de la karyokinèse

Les deux sphères directrices 3, 3, se dirigent vers les deux pôles de la cellule 1. On voit le mitome du protoplasma, celui du noyau, les centrosomes et les nucléoles.



Fig. 19. — Les microsomes du protoplasma se groupent autour des sphères directrices.

étaient situées contre le noyau (fig. 18) se séparent pour se placer de chaque côté du noyau. S'il n'y a qu'une sphère directrice, elle se

dédouble et les deux sphères-filles se comportent de même. Dès que les sphères directrices se mettent en mouvement, on constate dans leur centre un petit point, un corpuscule, le *centrosome*. Guignard a montré que les sphères directrices et le centrosome sont des éléments permanents du protoplasma et non des nucléoles échappés du noyau comme on l'a cru.

Ce phénomène initial peut être donc dit *séparation* ou *orientation des sphères directrices* (fig. 18 et 19).

2° *Dissociation du filament ou mitome du protoplasma.* — Pendant que les sphères directrices s'orientent, le réseau du protoplasma ou cytomitome se désagrège et le protoplasma se trouve rempli de granulations ou microsomes (fig. 19 et 20).

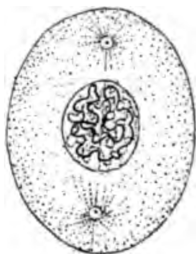


Fig. 20. — Formation des asters. Les circonvolutions du mitome du noyau sont déjà moins nombreuses.

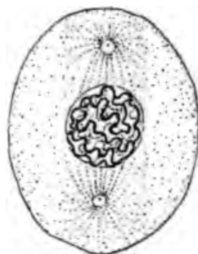


Fig. 21. — Les granulations du protoplasma se rangent en séries linéaires courbes pour former le fuseau. On voit le mitome du noyau s'épaissir.

3° *Formation des étoiles ou asters.* — Les microsomes se dirigent par parties égales vers les sphères directrices et se disposent en séries linéaires formant autour des sphères attractives des rayons dont la disposition est étoilée. Ce sont là les *asters*, *étoiles* ou *pôles* (fig. 20).

4° *Formation du fuseau.* — Les rayons des étoiles qui regardent le noyau sont plus volumineux que les autres, ils se dirigent d'un aster, ou d'un pôle à l'autre, en décrivant des courbes autour du noyau. L'ensemble de ces longs rayons dessine une sorte de fuseau au centre duquel se trouve le noyau. Nous verrons que ces rayons, semblables à des cordages, exercent une action attractive sur le noyau. A ce moment, les sphères directrices sont bien des sphères attractives (fig. 21).

Pendant que les changements s'opèrent dans le protoplasma, le noyau ne reste pas inactif.

b. **Changements dans le noyau.** — Au moment où le travail se fait dans le protoplasma par l'orientation des sphères directrices ou attractives, les mouvements du noyau ont commencé.

1° *L'ensemble du noyau subit des changements.* — La paroi nucléaire se dissocie, disparaît, et le suc nucléaire semble se mélanger au protoplasma de la cellule.

2° *Epaississement du caryomitome.* — Presque en même temps on remarque que le filament du mitome du noyau est plus distinct, on peut en suivre les circonvolutions, le dérouler ; il ressemble à un petit peloton de fil mal enroulé (fig. 21 et 22).

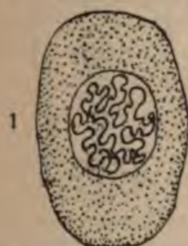


Fig. 22. — Déroulement du caryomitone. Dissociation de l'enveloppe du noyau.



Fig. 23. — La paroi du noyau a disparu. Le caryomitome forme une rosette. Elle est vue de face dans le dessin, parce qu'elle ne serait pas distincte si on l'avait dessinée de profil.

3° *Sa disposition en rosette.* — Le mitome du noyau se raccourcit, et s'épaissit davantage, ses circonvolutions disparaissent, il ne forme plus qu'un cordon sinueux au milieu même du fuseau représenté par les rayons, une sorte de rosette ou de couronne



Fig. 24. — Formation des anses chromatiques.

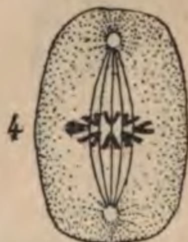


Fig. 25. — Les anses chromatiques plus avancées et dessinées de profil.

perpendiculaire à l'axe du fuseau. Cette couronne a deux faces qui regardent l'aster, l'étoile correspondante du protoplasma (fig. 23).

4° *Destruction du mitome, formation des anses chromatiques.* — La couronne flexueuse dont je viens de parler se brise, se fragmente. La brisure se fait à la périphérie des sinuosités et non vers l'axe du fuseau. Il en résulte une série d'anses en forme de V dont le sommet regarde l'axe du fuseau (fig. 24).

Le nombre des anses chromatiques est variable, et peut varier de dix à trente.

5° *Dédoublement des anses chromatiques.* — Dès que les anses chromatiques sont constituées, elles se dédoublent et forment

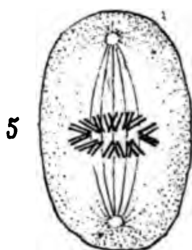


Fig. 26. — Dédoublement des anses chromatiques.

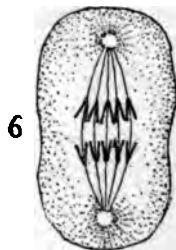


Fig. 27. — Renversement des deux moitiés des anses chromatiques.

deux V superposés, c'est-à-dire un W. Autrement dit chaque anse mère a donné naissance à deux anses filles (fig. 26).

6° *Attraction des anses chromatiques par les asters.* — Dès que le dédoublement des anses a eu lieu, elles se renversent de telle sorte que le sommet des V se dirige vers l'aster ou étoile et l'ouverture vers l'équateur, vers le milieu du fuseau (fig. 27). Dans ce renversement, les anses se divisent en deux moitiés égales, et

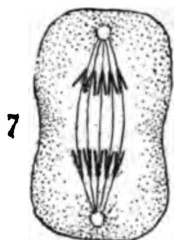


Fig. 28. — Les anses chromatiques dédoublées se rapprochent des asters.

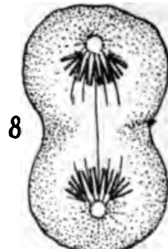


Fig. 29. — Les anses chromatiques se groupent autour des asters.

chacune de ces deux moitiés se rapproche de l'aster correspondant, comme attirée par les rayons du fuseau qui semblent jouer le rôle de cordages (fig. 28).

7° *Fusion des anses chromatiques, reconstitution du mitome.* — Toutes les anses d'un même aster se dirigent vers la sphère attractive correspondante, leurs extrémités se soudent de sorte qu'il s'est formé un nouveau filament dont les circonvolutions se multiplient. Le nouveau noyau est constitué (fig. 29).

c. **Séparation des cellules filles.** — Dès que les noyaux se sont formés, le protoplasma reprend son aspect normal et la scission du protoplasma s'opère.

Tels sont les divers stades de la karyokinèse. Je les ai exposés tels qu'ils sont, dans un langage compréhensible. Comme il faut être au courant de toutes les expressions adoptées, même des plus excentriques, je vais faire connaître celles qui ont trait à la karyokinèse. Nous allons suivre pas à pas la description qui précède, en commençant par les changements qui s'opèrent dans le protoplasma.



Fig. 30. — Reconstitution des anses chromatiques primitives ; le protoplasma commence à s'étrangler.

Je critiquerai d'abord l'expression de karyokinèse qui semble faire croire que le noyau est seul en mouvement, et nous avons vu que le protoplasma est aussi actif que le noyau. C'est donc *cytokinèse* qu'il faudrait dire, du grec *Kutos* κυτος, cellule, et *Kinésis* κινεσις, mouvement.

1° L'orientation des sphères directrices du protoplasma et la formation des étoiles ou asters sont connues sous le nom de *phase de l'aster chromatique*, *phase de l'amphiaster achromatique*, *phase du monaster chromatique*, *phase du filament en rosette*.

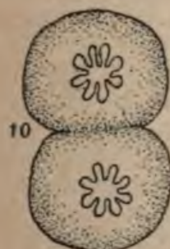


Fig. 31. — Les anses fusiformes reconstituent une rosette. L'étranglement du protoplasma augmente.



Fig. 32. — La rosette forme de nouveau un caryomitome. Les deux cellules filles sont constituées.

On conviendra que cette nomenclature est vraiment exagérée.

Les auteurs ont comme un prurigo de création de mots nouveaux. Il serait pourtant si simple de s'entendre et de désigner les phénomènes par une expression unique. Quelle que soit ma répugnance pour ce langage de Tour de Babel, je vais faire un effort pour expliquer ces expressions.

L'aster chromatique est la rosette, l'espèce d'étoile formée par le mitome du noyau raccourci et épaissi. *Monaster chromatique* est synonyme ; ce mot signifie qu'il n'y a qu'un aster, une étoile, une rosette.

Amphiaster achromatique s'applique aux deux asters ou étoiles du protoplasma. Je préfère *phase du filament en rosette* parce que cela se comprend tout de suite. Il y a diversité dans ces expressions selon que l'auteur a eu en vue les changements du noyau ou ceux du protoplasma qui ont lieu en même temps. Il est bon de remarquer que pendant la formation des deux étoiles du protoplasma, le mitome du noyau se déroule en rosette.

L'expression *chromatique* s'applique au mitome du noyau formé de chromatine et colorable par la safranine. L'expression *achromatique* est réservée à la substance qui n'est pas formée de chromatine, au protoplasma. On comprend maintenant pourquoi on peut dire que la phase de l'aster chromatique est la même que celle de l'amphiaster achromatique (1).

2° La formation du fuseau a fait naître les expressions suivantes : *filaments bipolaires* ou *connectifs achromatiques*, ce sont les rayons étendus d'un aster à l'autre en décrivant des courbes concaves en dedans ; *fuseau achromatique*, ensemble des rayons du fuseau dans le protoplasma, autour du noyau ; *phase de la division du filament chromatique*, parce que le fuseau se forme pendant que le filament chromatique se brise (on dit aussi *phase des anses chromatiques*).

3° Lorsque le filament chromatique du noyau, le caryomitome s'épaissit et que le peloton formé par ce filament devient plus apparent, on dit, d'après Flemming, *phase du spirème*, du grec *speira* σπειρα, cordage, câble, ou *phase du peloton chromatique*.

4° J'ai dit que la rosette formée par le filament chromatique se brise de manière à former un certain nombre de V dont le sommet est central et l'ouverture périphérique. L'ensemble de ces V forme une sorte de plaque, de roue, correspondant à l'équateur de la cellule à égale distance des deux asters. On a donné à ce stade de

(1) Aster, du grec αστηρ, étoile, astre. Monaster, du grec *monos* μονος, seul, et *aster*, étoile, c'est-à-dire une seule étoile. Amphiaster, du grec *amphi* αμφι, autour, et *aster*, étoile, les deux étoiles sont à la périphérie. Achromatique, du grec *a*, privatif et *chromos*, *chromia* χρωμα, couleur, ce qui signifie, sans couleur.

la karyokinèse le nom de *phase de la plaque* ou *phase de la couronne équatoriale.*

5° Au moment où les V se dédoublent en W, cette phase est appelée *phase du dédoublement longitudinal des anses chromatiques.*

6° Lorsque les anses, ou V renversés, convergent vers les asters par leur sommet, les V des deux asters se regardant par leur concavité, on a la *phase du dédoublement de la couronne équatoriale.*

7° Lorsque les anses chromatiques filles convergent vers les asters où elles s'accumulent pour donner naissance aux nouveaux noyaux, on appelle ce mouvement *phase de l'orientation dicentrique des anses filles.*

8° Sous le nom de *phase du diaster chromatique*, on désigne la fusion des anses, leur soudure autour des asters pour former les nouveaux mitomes; on dit aussi *phase de la double couronne polaire.*

9° Lorsque le filament s'amincit et se pelotonne pour terminer la formation du noyau, on a la *phase d'achèvement des nouveaux noyaux.*

10° Pour indiquer qu'il s'est formé un mitome en peloton dans les deux nouveaux noyaux on dit : *phase du dyspirème* ou du *double peloton chromatique.*

Il est bon de faire remarquer que la karyokinèse est la même dans les végétaux et dans les animaux. Guignard l'a étudiée sur les végétaux et en particulier sur les liliacées. Van Beneden, Fol, Flemming, etc., l'ont étudiée sur les animaux.

De quelques autres modes de production de cellules. — Les cellules se reproduisent presque toujours par karyokinèse, c'est-à-dire par *division indirecte.* Mais il est d'autres modes assez rares de production.

Je dirai seulement quelques mots de la particularité que présente la formation endogène des cellules, de la division par bourgeonnement, de la génération spontanée, de la théorie de la formation libre dans les blastèmes.

Formation endogène de cellules. — Cette formation se produit surtout dans le cartilage. La cellule est enfermée dans une membrane appelée *capsule.* Une cellule mère donne naissance à deux cellules filles qui se multiplient ensuite; mère et filles restent emprisonnées dans la capsule de cartilage ou *chondroplaste.* Voilà ce qu'on entend par *formation endogène des cellules.*

La *division par bourgeonnement* se produit ainsi. Sur une

cellule on voit se détacher une portion du protoplasma avec une partie du noyau, comme un bourgeon qui finit par se séparer et donner naissance à une autre cellule.

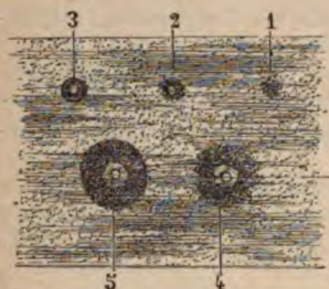


Fig. 33. — Formation des cellules d'après la théorie de Robin.

1, agrégat des granulations formant le noyau en 2 et 3. — 4, la cellule se forme. — 5, elle est formée.

La *génération spontanée* est une théorie qui a vécu et qui a été ruinée de fond en comble par Pasteur. D'après ce que nous avons vu de la caryocinèse, on ne peut plus admettre qu'un germe puisse naître de toutes pièces dans un liquide inorganique. Tout germe a un générateur, il est né d'un autre germe.

La théorie des *blastèmes* soutenue par Robin était aussi erronée que la précédente comme l'a démontré Virchow. Pour Robin, il se produisait un noyau dans un liquide, ou *blastème*. Le protoplasma se déposait ensuite autour du noyau par une sorte de cristallisation (fig. 33).

Vieillesse des cellules. — Les cellules jeunes, comme nous venons de le voir, sont molles, nues, sans membrane d'enveloppe, juxtaposées à d'autres cellules ou séparées par un ciment intercellulaire. Elles possèdent un beau noyau, d'apparence vésiculeuse et des nucléoles. Quelques-unes persistent longtemps, avec toute leur vitalité, dans les tissus, comme les cellules épithéliales et glandulaires.

Beaucoup de cellules se flétrissent en vieillissant, leur surface durcit, le noyau s'atrophie, la cellule entière s'aplatit, perd la plupart de ses propriétés et finit par se détacher de l'organisme comme on le voit à la surface de l'épiderme et de l'épithélium pavimenteux stratifié.

Pathologie des cellules. — Ainsi que je l'ai dit dans la préface de cet ouvrage, les sciences médicales ont entre elles la plus grande connexité et elles dérivent souvent les unes des autres. La pathologie cellulaire paraîtra assez simple après la description détaillée de la cellule telle que je viens de la donner. Comme il ne dépend pas d'un auteur de placer tel ou tel chapitre à l'endroit précis où il le désirerait, je conseille au lecteur de ne lire ces lignes qu'après avoir étudié l'embryologie.

Il trouvera à l'embryologie l'origine et le développement des

trois feuillets qui constituent la première ébauche de l'embryon. J'espère avoir fait comprendre la destination anatomique différente du feuillet externe ou ectoderme, d'où procèdent le système



Fig. 34. — Fragment d'un adénome.

nerveux, l'épiderme, les glandes de la peau et les parties essentielles des organes des sens ; celle du feuillet interne, ou endoderme, qui formera l'épithélium intestinal et les glandes petites et grandes, qui y sont annexées ; enfin celle du feuillet moyen, ou mésoderme, dépendance de l'endoderme, désigné sous le nom de feuillet connectivo-sanguin, parce qu'il donne naissance au sang, au tissu conjonctif et aux autres tissus qui en dépendent.



Fig. 35. — Bourgeon épithélial d'un cancroïde avec globes épidermiques. On y voit les cellules épithéliales. La rapidité du développement est telle que les cellules n'ont pas le temps de prendre leur forme, elles s'aplatissent les unes contre les autres et forment les globes épidermiques.

Nous verrons plus tard que l'un des éléments anatomiques les plus importants, le leucocyte ou globule blanc du sang joue un rôle considérable dans l'inflammation.

La pathologie des cellules des tissus solides n'a rien à faire avec l'élément *inflammatoire*. Leurs altérations consistent en des aberrations, en des monstruosités de leur développement, pour employer une expression fort juste, de M. Bard. (*Arch. de physiol.*, 1885.)

Les cellules, déviées de leur direction normale, prolifèrent en certains points indéterminés de l'organisme et produisent des masses plus ou moins considérables connues sous le nom de tumeurs.

Je n'ai pas à expliquer dans cet ouvrage et je n'ai pas à réfuter la théorie soutenue par Lebert, Robin et Broca qui faisaient naître les éléments cellulaires des tumeurs dans les blastèmes imaginaires. L'*omnis cellula à cellulà* de Remak et Virchow demeure absolument indestructible. Donc nous devons admettre que *les tumeurs sont des masses morbides formées par l'exubérance et la prodigieuse prolifération des éléments normaux de l'organisme*, sous l'influence de causes encore inconnues. Leurs éléments sont identiques aux éléments normaux, dont ils diffèrent uniquement par des dimensions plus grandes et par des déformations inhérentes à leur excessive multiplication. Les éléments qui prolifèrent le plus fréquemment sont les cellules épithéliales, et les corpuscules du tissu conjonctif.



Fig. 36. — Éléments dissociés d'un globe épidermique de la figure précédente; cellules larges déformées.

Il est impossible dans l'état actuel de la science, vu les découvertes incessantes de l'embryologie, de donner une classification

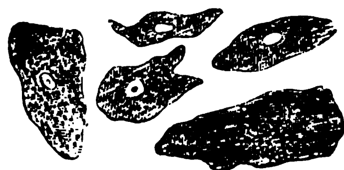


Fig. 37. — Cellules épithéliales d'un cancroïde de langue, larges, irrégulières, déformées.



Fig. 38. — Cellules épithéliales prises sur une tumeur papillaire du trigone vésical. Noyaux multiples, ce qui indique une prolifération active.

immuable des tumeurs; cependant celle que je donne ici est parfaitement en rapport avec les données les plus récentes de l'embryologie et de l'histologie.

Il existe deux groupes importants de tumeurs :

1° Les tumeurs de provenance épithéliale dérivées de l'épithélium que forment l'ectoderme et l'endoderme, et qui comprennent les *adénomes*, les *épithéliomes* ou *cancroïdes*, et les *carcinomes*.

2° Les tumeurs qui prennent leur origine dans le mésenchyme connectivo-vasculaire du mésoderme, dans lesquelles on doit faire entrer les *sarcomes*, les *myxomes*, les *fibromes*, les *lipomes*, les *endothéliomes*, les *chondromes*, les *ostéomes* et les *lymphadénomes*.

On trouve encore quelques tumeurs rares, qui méritent une classification à part, ce sont les tumeurs du tissu musculaire :



Fig. 39. — Coupe d'un carcinome à évolution rapide. Quantité prodigieuse de jeunes cellules arrondies résultant de la prolifération cellulaire et remplissant les aréoles du tissu conjonctif.

myomes à fibres striées et *myomes* à fibres lisses ; les tumeurs du tissu nerveux, comme les *gliomes* et les *névromes* et des tumeurs complexes comme les *kystes dermoïdes* et les *tumeurs kystiques*.

Comme introduction à l'étude de la pathologie, je donne ici quelques spécimens d'éléments anatomiques de tumeurs (1).

Je ferai remarquer que les expressions tumeurs bénignes, tumeurs malignes, cancers, n'ont guère plus cours dans la science.

(1) Tous les éléments anatomiques de l'organisme peuvent proliférer anormalement et former des tumeurs, mais il y en a deux qui sont plus fréquemment affectées : les *cellules épithéliales* et les corpuscules du *tissu conjonctif*.

On ne connaît pas la cause intime de la production des tumeurs malignes. Cohnheim croit qu'il s'agit d'une *inclusion fœtale* anormale. Des débris du blastoderme restant inclus dans les tissus proliféreraient à un moment donné, d'où tumeur. Critzmann pense qu'il s'agit d'un ovule fécondé dans un autre ovule fécondé de sorte que la tumeur serait le frère ou la sœur de celui qui la porte. D'après Roux, il s'agirait de cellules révoltées, anarchistes, proliférant d'une manière désordonnée et se soustrayant à l'action régulatrice de l'organisme. Il faut bien avouer que la cause des tumeurs est inconnue.

Il n'en est pas moins vrai que certaines tumeurs, dites *bénignes*, vivent dans le corps de l'homme sans qu'il en paraisse incommodé, tandis que d'autres tumeurs, dites *malignes*, détruisent les tissus sains, ravagent l'organisme et altèrent la santé jusqu'à la mort. Les tumeurs dites bénignes sont indolentes, et ne récidivent pas après l'ablation. Les tumeurs à caractères inverses sont les *tumeurs malignes* ou *cancers*.



Fig. 40. — Cellules trouvées dans le suc exprimé d'une tumeur carcinomateuse. Les chiffres indiquent diverses cellules déformées ; quelques-unes contiennent plusieurs noyaux, d'autres montrent des vacuoles, exubérance du développement.

Au point de vue microscopique, on ne peut pas distinguer ces tumeurs d'une manière certaine. Ce qu'on peut dire, c'est que, d'une manière générale, on trouve les éléments normaux des tissus déformés dans les tumeurs, surtout dans les tumeurs dites malignes à tel point qu'on a cru pouvoir décrire une *cellule cancéreuse* (Lebert). Il n'existe pas de cellule cancéreuse, il s'agit de cellules normales, d'un tissu normal qui a été déformé, hypertrophié, transformé par le travail de l'action proliférante, *hypergenèse*, qui existe dans les tumeurs. (Voir les figures ci-jointes.)



Fig. 41. — Éléments d'un carcinome mélangé à cellules fusiformes.

1, 3, cellules infiltrées de pigment. — 2, 4, cellules fusiformes non encore infiltrées résultant de la prolifération.



Fig. 42. — Coupe d'un myxome.

1, trame. — 2, 3, cellules, déformées par l'activité de la prolifération, remplissant les aréoles.

Voici plusieurs types d'éléments de tumeurs vus au microscope. La figure 34 représente une parcelle d'adénome caractérisée

par l'hypertrophie et la prolifération des culs-de-sac glandulaires. On voit dans la figure 35 l'exubérance de la prolifération épithéliale d'un cancroïde ; le développement est si rapide que les cellules s'aplatissent en un point et s'enroulent sur elles-mêmes (globes épidermiques). En 36, on voit les cellules d'un globe épidermique dissociées, et en 37 des cellules épi-

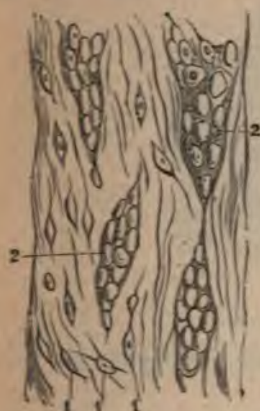


Fig. 43. — Carcinome de la plèvre.

1, 1'', cellules fusiformes. — 2, 2, cellules agglomérées dans les aréoles de la trame.



Fig. 44. — Éléments celluleux d'un myxome, vus à un fort grossissement.

1, 2, 3, 4, cellules grossies dont l'une contient plusieurs noyaux, preuve de la prolifération. — 5, 6, cellules avec excavations.

théliales d'un cancroïde isolées : tous ces éléments sont prodigieusement développés. Dans la figure 38, on voit de grandes cellules provenant d'une tumeur papillaire vésicale. La figure 39 est

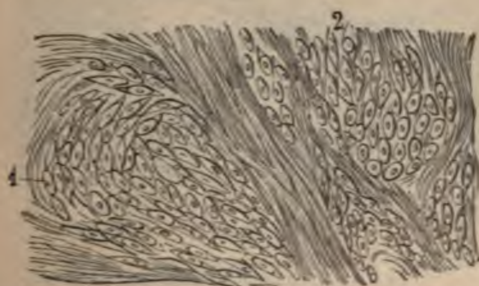


Fig. 45. — Coupe d'un sarcome à évolution rapide.

1, 2, jeunes cellules proliférantes remplissant les aréoles d'une trame conjonctive.

un exemple de l'excessive prolifération dans les tumeurs, surtout dans les carcinomes qui prennent quelquefois un développement énorme. Dans la figure 40, on voit diverses formes de cellules ; la

multiplicité des noyaux et les vacuoles de ces cellules indiquent leur développement rapide. Dans la figure 41, les cellules fusiformes sont imprégnées de granulations pigmentaires; ces tumeurs



Fig. 46. — Trame d'un sarcome.

1, 1, fibres du tissu conjonctif. — 2, cellules très développées. — 3, 3, noyaux volumineux. 4, cellules avec vacuoles.

étaient connues autrefois sous le nom de cancers mélanés. Dans la figure 43, on voit une énorme quantité de cellules infiltrant le tissu conjonctif de la plèvre. Je signale en passant, dans les figures 42 et 44, les aréoles de la trame de la même tumeur remplies de cellules hypertrophiées, avec vacuoles. Les vacuoles et les

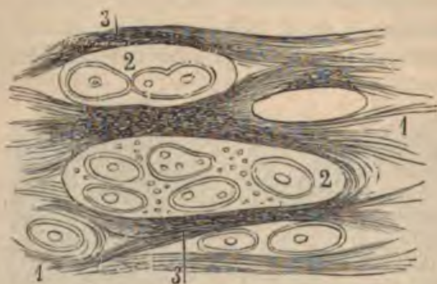


Fig. 47. — Coupe d'un sarcome urélané.

1, 1, faisceaux conjonctifs. — 2, 2, cellules volumineuses dans les aréoles. — 3, 3, infiltration pigmentaire de quelques faisceaux.

noyaux multiples des cellules de la figure 44 sont une preuve de la prodigieuse rapidité de la prolifération. On voit dans la figure 45, la trame du sarcome refoulée par d'abondantes cellules. Il en est de même dans les figures 46 et 47. Enfin la figure 48 représente ce que Robin a appelé cancer hétéradénique; cette tumeur offre

une certaine analogie avec l'adénome, mais elle en diffère en ce qu'elle peut se développer en des régions dépourvues de glandes



Fig. 48. — Multiplications cellulaires ayant l'apparence des acini des glandes en grappes et désignées sous le nom de cancer hétéradénique.

tandis que l'adénome a toujours pour origine un élément de glande normale.



Fig. 49. — Multiplication des corpuscules du tissu conjonctif et formation de cellules embryonnaires dans l'évolution des tumeurs.

2° **Historique de la cellule.** — Tous les organismes vivants, animaux et végétaux, sauf les Protozoaires bien entendu, peuvent être réduits à un assemblage, à un *agrégat de cellules.* Il est curieux de constater que depuis qu'on connaît la cellule des végétaux, il s'est passé près de deux cents ans sans qu'on ait découvert les cellules animales.

Découverte en 1665 par Robert Hooke et étudiée vers la même époque par l'Italien Malpighi, de Bologne, la *cellule végétale* fut désignée successivement par les noms d'utricule, de vésicule et enfin par celui de *cellule* que lui donna Mirbel en 1800. Le *noyau* de la cellule végétale fut découvert en 1781 par Fontana, mais on n'en comprit l'importance que par les travaux de Schleiden, Schwann et Nægeli publiés vers le milieu du XIXe siècle (1836 à 1846).

Ce fut seulement en 1824 que Dutrochet émit l'idée que les animaux et les végétaux étaient organisés de la même manière, et qu'ils étaient composés de cellules. Schwann, en 1839, édifia la *théorie cellulaire* que Goodsir, en 1845, et Virchow, en 1859, appliquèrent aux tissus morbides.

Jusqu'en 1861, époque à laquelle Max Schultze affirma que la plupart des cellules, les jeunes surtout, sont dépourvues d'enveloppe et qu'elles représentent des globules de protoplasma nu contenant un noyau, on assimilait la cellule animale à la cellule végétale et on la représentait comme une vésicule ayant une membrane d'enveloppe.

Dès 1835, Dujardin avait établi, en étudiant des animaux formés d'une seule cellule, les *Infusoires*, que le protoplasma est une matière vivante douée de sensibilité et de contractilité, et qu'elle est capable de se mouvoir au moyen de prolongements sarcodiques, car il donnait au protoplasma le nom de *sarcode* (*Ann. des sc. nat. zool.*, 1838).

L'expression de *protoplasma* date de 1839. Ce nom fut créé, selon P. Gilis, par Purkinje.

Depuis les travaux de Max Schultze, de 1861 à 1884, c'est-à-dire pendant un quart de siècle, les anatomistes s'évertuent à pénétrer la structure du protoplasma et du noyau de la cellule sans y parvenir. Frommann (1865) dit que le protoplasma a une structure fibrillaire; Heitzmann (1873) le décrit comme un réseau contractile, ayant pour nœuds les granulations, et il pense que le noyau est le principal nœud de ce réseau : Kupffer (1875) décrit le protoplasma des cellules comme formé d'un réseau fibrillaire plongé dans une substance demi-liquide. Hanstein (1880) dit que le protoplasma est formé de trois éléments : la masse de réseau hyalin, fondamentale, ou *hyaloplasma*, le liquide circulant dans les mailles du réseau ou *enchylema* et les granulations ou *microsomata*.

En 1884 et 1885 paraissent les travaux d'après lesquels nous connaissons aujourd'hui la structure des cellules. Ils sont dus à Flemming, à Strasburger, à Carnoy, etc. Le nom de *mitome* a été donné par Flemming et adopté par tous les micrographes.

Relativement à la karyokinèse on peut dire que les travaux qui y sont relatifs ne datent que de 1873, 1874 et 1875, c'est-à-dire de vingt-cinq ans environ. Jusqu'à cette époque les savants ont aperçu par-ci, par-là, un côté de la karyokinèse mais ils n'en ont pas vu l'ensemble. Remak, Virchow (1857), Balbiani (1861), avaient aperçu des dessins karyokinétiques qu'ils n'avaient pas su expliquer. De même Heller (1869), Kowalewski (1869), Gegenbaur, Van Beneden.

En 1873, A. Schneider découvre les métamorphoses du noyau. En 1874, Auerbach décrit les deux asters dans l'œuf des *Nématodes*. En 1875, Mayzel découvre les figures chromatiques dans les cellules épithéliales des *amphibiens*. En 1875, Van Beneden donne une bonne description des asters et des rayons étendus entre les deux asters. En 1878, Schleicher propose le nom de *karyokinèse*. La même année paraissent les travaux de Peremeschko et Flemming. En 1879, J. Arnold observe la karyokinèse dans les tissus pathologiques.

Les travaux les plus récents sont dus à Fol 1879, Flemming 1882, Rabl 1884, Strasburger 1886, Pfitnez 1886, Guignard 1894, et tant d'autres dont l'énumération seule m'entraînerait trop loin.

CHAPITRE III

EMBRYOLOGIE

J'ai décrit, en m'étendant peut-être un peu trop complaisamment sur certains points, la cellule animale, dont je conseille l'étude préalable avant de lire ce chapitre. L'œuf étant une cellule semblable aux autres cellules, les détails dans lesquels je serai obligé d'entrer seront plus facilement saisis par le lecteur.

Nous assisterons bientôt au développement de l'embryon, de ses tissus et de ses organes. L'embryon provenant de l'œuf fécondé par l'élément mâle, il est logique de faire précéder le développement de l'embryon par l'étude des éléments dont la fusion constitue la fécondation et par l'étude de cette fécondation elle-même. Nous diviserons donc ce chapitre en plusieurs articles et nous étudierons l'élément mâle, *spermatozoïde*, l'élément femelle, *ovule*, la *fécondation*, et le *développement de l'embryon*.

ARTICLE PREMIER

SPERMATOZOÏDE

Le spermatozoïde est un élément anatomique doué de mouvements et contenu dans le sperme. On ne le trouve qu'à partir de l'époque de la puberté. Le sperme des vieillards en renferme comme celui de l'adulte.

Chez tous les animaux le spermatozoïde a la forme d'un filament renflé à une extrémité, effilé à l'autre. La partie renflée est la *tête*, la partie effilée la *queue* et la portion intermédiaire le *corps*.

La *forme* et les *dimensions* des filaments spermatiques varient avec les diverses espèces animales. Celui de l'homme, le plus intéressant pour nous, est constitué de la manière suivante : sa longueur totale est de 45 à 50 μ; celle de la tête de 5 μ et celle de la queue de 40 μ; le corps est une petite portion intermédiaire, très courte. La tête est aplatie, en forme de lance.

Forme de la tête du spermatozoïde chez les divers animaux, vu à plat. — *Homme*, forme de cœur ou de lance ; — *cheval*, ovalaire ; — *verrat*, ovalaire ; — *bélier*, ovalaire, un peu en cœur ; — *taureau*, ovalaire ; — *oiseaux*, forme de bâtonnet ; — *hérisson*, rectangulaire ; — *rat*, forme de virgule renversée ; — *reptiles*, forme de bâtonnet en vrille : — *poissons*, en vrille ; — *poissons osseux*, forme de sphère ; — *crapaud*, en bâtonnet, en vrille ; — *grenouille*, en bâtonnet très long ; — *tritons*, bâtonnet courbé comme une faux ; — *crabe*, forme d'étoile ; — *torpille*, bâtonnet en vrille ; — *salamandre*, filiforme ; — *coq*, forme de lance ; — *pinson*, en spirale.

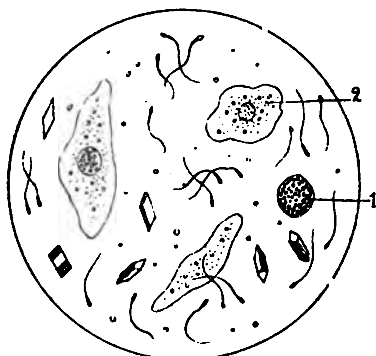


Fig. 50. — Une goutte de sperme vue à un grossissement de 400 diamètres.

On y distingue les spermatozoïdes, des cellules épithéliales pavimenteuses, des leucocytes ou globules blancs, cellules lymphatiques ou cellules migratrices, et des cristaux de sulfate de magnésie.

Longueur totale du spermatozoïde : Homme, 50 μ ; — *rat*, 85 μ ; — *mollusques gastéropodes*, plus de 100 μ.

Le spermatozoïde de l'ascaride lombricoïde est informe, il se déplace par des mouvements amiboïdes.

Leurs mouvements. — Les spermatozoïdes nagent dans le sperme éjaculé, la tête en avant, au moyen des mouvements ondulatoires de leur queue. Ils déplacent par des mouvements énergiques les corpuscules étrangers qu'ils rencontrent, comme les cristaux ou les cellules épithéliales. Quelques spermatozoïdes ont des mouvements de vrille et tournent comme une vis.

Le trajet qu'ils parcourent sous le microscope est de 1 à 3 millimètres par minute.

Dans les voies génitales de la femelle on a calculé la vitessè de leur marche à raison de 1 à 2 millimètres par minute. En déposant du sperme à l'entrée du vagin d'une lapine, on constate que les spermatozoïdes peuvent atteindre l'ovaire, et qu'ils ont parcouru, par conséquent, une longueur de 6 centimètres au bout d'une heure et demie.

A première vue on dirait qu'ils sont guidés par une sorte d'instinct et qu'ils luttent pour arriver à l'ovaire. Ce sont toujours les plus vigoureux et les plus agiles qui arrivent les premiers.

N'étant pas des animaux, ils ne peuvent avoir d'instinct, et

cependant, il semble qu'ils sont attirés vers l'ovaire. Il est probable que l'ovule, par lui-même ou par quelque sécrétion, exerce cette force que j'ai décrite sous le nom de *chimiotaxie positive*, en étudiant le protoplasma. Il ne peut en être autrement étant donné que ce sont des éléments anatomiques.

Conditions qui activent ou ralentissent l'activité des spermatozoïdes. — Leurs mouvements sont *excités*, de même que ceux des cils vibratiles, par une légère élévation de température, ne dépassant pas 50° centigrades, par les liquides alcalins, le sérum du sang.

L'agilité des spermatozoïdes est la condition essentielle de la qualité fécondante du sperme, car ce liquide cesse d'être fécondant dès que les spermatozoïdes sont immobiles.

Certaines conditions paralysent les mouvements des spermatozoïdes; d'autres, au contraire, les favorisent et même les activent. Ainsi le froid, le chaud, le desséchement du sperme, les décharges électriques, les acides, la strychnine, les narcotiques, le mucus vaginal et le mucus utérin altérés font cesser les mouvements de ces petits corpuscules. D'autre part, on les voit se continuer dans l'urine, le lait, la salive, le pus et le sérum du sang (1).

Il n'est question ici que des spermatozoïdes de l'homme et des mammifères. Chez certains animaux, ces influences peuvent varier. Ainsi M. Mathias Duval a pu faire féconder des spermatozoïdes de truite qui avaient passé quatre jours dans la glace. Hertwig a montré qu'on peut rendre les mouvements aux spermatozoïdes de l'étoile de mer (Echinoderme) narcotisés par le chloral; il suffit de les replacer dans l'eau pure pour les rendre fécondants. Les spermatozoïdes des animaux aquatiques, à fécondation externe, peuvent rester quelque temps dans l'eau et conserver leur pouvoir fécondant.

Taches spermatiques. — En médecine légale, il est fréquent d'avoir à examiner des taches de sperme, le plus souvent dessé-

(1) Dans le sperme pur, les spermatozoïdes sont souvent immobiles, parce que ce liquide est trop épais; on leur communique du mouvement en ajoutant de l'eau; c'est pour la même raison qu'on ne les observe en mouvement que dans les vésicules séminales, lorsqu'on extrait ces filaments du corps des animaux.

Lorsque les spermatozoïdes ont perdu leurs mouvements par suite du contact de l'eau, on peut les ranimer avec des solutions concentrées de sucre, de sels alcalins, d'albumine, d'urée, etc. La potasse et la soude peuvent être considérées comme les *véritables excitants* des mouvements des spermatozoïdes (Kölliker).

chées. Il est à remarquer que les spermatozoïdes ne sont pas détruits et qu'ils persistent sur des taches très anciennes. On les retrouve entiers ou brisés. Pour constater leur présence on trempe l'étoffe tachée dans très peu d'eau acidulée avec très peu d'acide chlorhydrique. Une goutte suffit le plus souvent pour s'opposer au gonflement et à la déformation consécutive par l'eau. On exprime la portion de linge mouillée sur une lame de verre et on porte le liquide sous le microscope.

Persistance des mouvements des spermatozoïdes. — C'est dans les organes génitaux de la femelle que les spermatozoïdes conservent le plus longtemps leurs mouvements, c'est là qu'ils se plaisent, ce n'est pas douteux. Bischoff, Prévost et Dumas ont constaté la présence des spermatozoïdes dans les organes de la femelle plusieurs jours après le coït : six jours chez la vache, la chienne, la lapine ; huit à douze jours chez la poule.

L'expérience prouve la persistance de la vitalité du spermatozoïde chez la poule au moment de la ponte. — Séparez la poule du coq ; les œufs qu'elle pondra pendant les huit à dix jours suivants se trouveront fécondés par les spermatozoïdes qui se trouvaient dans le pavillon de l'oviducte. — La reine, dans une ruche, peut conserver, dit-on, dans son réservoir séminal, des spermatozoïdes qui peuvent la féconder pendant plusieurs années. — Les chauves-souris, après les derniers coïts d'automne, peuvent conserver les spermatozoïdes pendant toute la durée de leur sommeil hivernal ; la fécondation s'opère au printemps au moment de leur réveil.

Les mouvements des spermatozoïdes persistent pendant un certain temps après la mort. Maintenez une préparation microscopique de sperme à une douce chaleur, à l'abri de la dessiccation, vous constaterez les mouvements des spermatozoïdes pendant plus de vingt-quatre heures. On a constaté la conservation de leurs mouvements dans le sperme d'un taureau mort depuis trois jours et dans celui des suppliciés après le même laps de temps. — On a trouvé des spermatozoïdes agiles dans l'utérus de la femme six ou sept jours après le coït.

Après le coït les spermatozoïdes se dirigent toujours du côté de l'ovaire et vont, pour ainsi dire, s'emmagasiner dans la région du pavillon de la trompe. Quelques-uns arrivent même à l'ovaire et y pénètrent puisqu'on constate des grossesses ovariennes.

Structure. — Depuis les travaux de Mathias Duval, de Jansen, de Prenant, de Ballowitz, etc., et les études préalables de Schweiger-Seidel en 1865, on considère le spermatozoïde comme un élé-

ment anatomique, comme une cellule à cil vibratile indépendante. Il se comporte avec les réactifs comme une cellule à cil vibratile et la persistance de ses mouvements après la mort et dans les expériences est en tout semblable à celle d'une cellule vibratile.

On y trouve un noyau et du protoplasma. La tête du spermatozoïde est le *noyau ;* sous l'influence des réactifs colorants elle se colore beaucoup plus que le reste de l'élément. L'acide acétique, en gonflant légèrement le corps et le rendant transparent, fait ressortir plus nettement la tête. En un mot la tête a toutes les réactions d'un noyau de cellule, elle est formée de chromatine, mais de chromatine compacte. On ne peut pas la dérouler en filament ou mitome, probablement parce qu'elle est destinée à être portée dans l'ovule sous le plus petit volume possible. Au centre de la tête on trouve le centrosome qui persiste jusqu'au moment de la fécondation pour disparaître ensuite (fig. 51) (1).



Fig. 51. — Spermatozoïde de l'homme (figure schématique).

1, tête avec son enveloppe mince de protoplasma, ses deux grains de chromatine et son centrosome. — 2, bouton caudal. — 3, segment intermédiaire. — 4, segment caudal montrant les fibrilles séparées vers la pointe.

L'étude du *protoplasma* est d'une grande difficulté ; pour la comprendre on est obligé d'avoir recours à l'anatomie comparée ; ce n'est qu'en comparant les spermatozoïdes des divers animaux qu'on est arrivé à se faire une idée à peu près nette du spermatozoïde de l'homme, le plus petit peut-être des spermatozoïdes.

Le noyau cellulaire, c'est-à-dire la tête du spermatozoïde, constitue le *segment céphalique*. Le segment intermédiaire et le segment caudal sont formés par le protoplasma modifié.

Le *segment intermédiaire*, qui fait suite à la tête est formé par le protoplasma de la cellule spermatique ; il présente un *filament central* bifurqué du côté de la tête, c'est-à-dire s'insérant sur la tête par deux branches, et un filament périphérique ou *filament d'enveloppe*. Ce dernier s'enroule autour du filament central en spirale.

Le segment intermédiaire est très court chez l'homme et les oiseaux, mais il est long sur le cheval et plus encore sur le rat, qui présente une spirale manifeste dont on peut compter les tours.

Ces tours de spirale sont invisibles chez les spermatozoïdes

(1) Louis Roule, 1893. — Bibliothèque des sciences contemporaines. — *L'Embryologie générale.*

achevés de l'homme, mais on peut les voir, quoique très serrés les uns contre les autres, sur les spermatozoïdes qui ne sont pas encore mûrs.

A l'union du segment céphalique et du segment intermédiaire on constate un tout petit renflement traversé par le filament central dont il vient d'être question. Ce renflement est formé par la paranucléine et ne se colore pas par les réactifs colorants comme la nucléine de la tête. On pense, sans preuves, que ce renflement, appelé *bouton caudal*, est formé par les nucléoles de la cellule spermatique et qu'il pourrait bien jouer le rôle du spermocentre, satellite du pronucléus mâle.

Le *segment caudal* est composé de plusieurs fibrilles adhérentes entre elles. Elles sont si intimement unies chez l'homme que leur dissociation présente certaine difficulté. Chez quelques crapauds, on a trouvé des spermatozoïdes à queue bifurquée. Quand on examine des spermatozoïdes après putréfaction, ou après macération dans un liquide de dissociation cellulaire comme l'alcool au tiers (alcool 1, eau 3) (1), on voit que la queue se laisse décomposer en plusieurs fibrilles ; ce sont dix ou douze cils vibratiles soudés dont on obtient la dissociation.

Dans beaucoup d'espèces animales, et chez l'homme en particulier, cette dissociation des fibrilles ne peut se faire que dans la première moitié du segment caudal. Dans ces cas la deuxième moitié, la moitié terminale, est formée uniquement par la continuation du filament central, de ce segment intermédiaire. On donne à la première moitié du segment caudal le nom de *pièce principale*, la seconde moitié est appelée *pièce terminale*.

Pour résumer ma pensée, je dirai que d'après tous les savants qui ont étudié récemment les spermatozoïdes, ces éléments anatomiques sont des cellules vibratiles modifiées. La chromatine du noyau s'est condensée pour former la tête, tandis que le protoplasma est transformé en substance de protection et en substance contractile de la même manière que le protoplasma des cellules musculaires se transforme en substance musculaire. C'est comme une longue fibre musculaire qui pousserait en avant la tête du spermatozoïde.

La portion de protoplasma formant une substance de protection se trouve située au sommet et à la surface de la tête du spermatozoïde. Il existe en effet sur la tête du spermatozoïde de l'homme, mais surtout sur celui du rat : 1° une petite masse de protoplasma en forme de pointe, à l'extrémité de la tête, se colo-

(1) Ce réactif est le meilleur dissolvant pour séparer des éléments anatomiques réunis ou accolés.

rant très difficilement par les réactifs ; 2° une sorte de capuchon membraneux entourant les trois quarts antérieurs de la tête. Ce capuchon, très évident sur le rat, présente des stries en spirale. Cette disposition en spirale explique les mouvements en vrille de certains spermatozoïdes (fig. 50).

Formation des spermatozoïdes. — Les spermatozoïdes naissent dans les tubes séminifères du testicule, de cellules qui ont reçu le nom de *spermatoblastes*, c'est-à-dire germes de spermatozoïdes.

Développement des spermatoblastes. — Il ne s'est pas écoulé deux jours depuis la fécondation de l'ovule qu'on commence à distinguer les premiers rudiments des organes génitaux au milieu de la prolifération prodigieuse des cellules embryonnaires. Si on coupe le corps de l'embryon on remarque l'intestin dans la cavité pleuro-péritonéale. De chaque côté de la ligne médiane on voit une toute petite saillie soulevant la couche épithéliale provenant du mésoderme, ce sont les *éminences sexuelles* (fig. 52, 3).



Fig. 52. — Coupe transversale de l'embryon, moitié gauche.

1, coupe de l'intestin avec les cellules de l'endoderme. — 2, cavité pleuro-péritonéale ou *cœlome*. — 3, éminence sexuelle : l'épaississement noir représente l'*épithélium germinatif*. — 4, coupe du canal de Wolff. — 5, glomérule du corps de Wolff. — 6, tube sécréteur venu du glomérule. — 7, canal de Muller.

Sur l'éminence sexuelle, l'épithélium, qui n'a qu'une seule couche à la périphérie, s'épaissit et forme plusieurs couches au sommet. Les cellules épithéliales prennent un caractère particulier, elle se différencient ; elles s'allongent, grandissent et prennent les caractères de l'épithélium cylindrique. En même temps elles s'entremêlent de cellules sphériques à gros noyau. Tel est l'*épithélium germinatif* de Waldeyer (fig. 52, 3). On donne le nom d'*ovules primordiaux* à ces cellules sphériques.

Par prolifération, les cellules de l'épithélium germinatif pénètrent dans l'épaisseur de l'éminence sexuelle en formant des petits cordons ou cylindres épithéliaux contenant quelques ovules primordiaux. Ces cylindres constituent les *tubes* ou *cordons de Pflüger* (1863). Ce n'est qu'en 1870 que Waldeyer a montré leur provenance de l'épithélium germinatif.

Les tubes de Pflüger donneront naissance aux tubes séminifères ou aux ovules selon qu'il naitra un mâle ou une femelle, mais à

ce moment précis, il est impossible de constater la moindre diffé-rence entre les deux sexes. (Voir le développement de l'ovule pour le sexe féminin.)

Dans le testicule futur, les traînées d'épithélium et d'ovules pri-mordiaux formant les *tubes de Pflüger* ne s'étranglent pas comme dans le sexe féminin pour former les ovisacs, mais ils restent à l'état de tube, s'allongent et s'entortillent de manière à former les *tubes* ou *canaux séminifères* du testicule. Les ovules primordiaux disparaissent et il ne reste plus de l'épithélium ger-

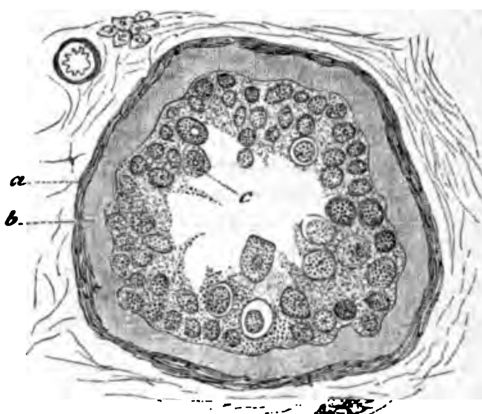


Fig. 53. — Coupe d'un tube testiculaire chez un supplicié de cinquante ans (faible grossissement).

a, *b*, paroi du tube. — *c*, spermatoblastes.

minatif qu'une couche de cellules tapissant ces tubes séminifères et *devenant l'élément d'origine des spermatoblastes.*

Cet exemple de différenciation est des plus curieux. Les tubes de Pflüger avant la différenciation sont semblables dans les deux sexes. Si les tubes se différencient en ovisacs, il naîtra une femelle ; s'ils se différencient en tubes séminifères ce sera un mâle. En résumé, on appelle *spermatoblastes* les cellules des tubes séminifères dérivées de l'épithélium germinatif de l'embryon.

Développement des spermatozoïdes. — Cette étude est des plus attrayantes. Je tâcherai de l'exposer avec clarté et pour cela j'indiquerai les nombreux synonymes des éléments qui se rencontrent dans les tubes séminifères. Sans cette précaution, la description serait peut-être peu compréhensible. Je recommande donc de consulter les synonymes pour comprendre la lecture des divers et nombreux travaux faits sur ce sujet.

Pour étudier les spermatoblastes il faut faire, après durcisse-ent, des coupes de tubes séminifères sur un sujet adulte en puis-nce spermatique ou plutôt spermatogénique. Il est bon aussi étudier les tubes séminifères des animaux qui coïtent rare-ent, une fois par an peut-être, comme les mollusques, les ba-aciens, les poissons plagios-mes, chez lesquels les phé-omènes évolutifs sont moins omplexes.

Quand on examine la section l'un tube séminifère on trouve appliquées sur sa paroi interne quatre espèces de cellules sper-matoblastes, cellules, je le dis tout de suite, qui paraissent n'être qu'une seule et même cellule à diverses périodes de son évolution.

On y trouve les cellules pa-riétales, les cellules de Henle, les cellules de Kölliker et les cellules ramifiées de Sertoli.

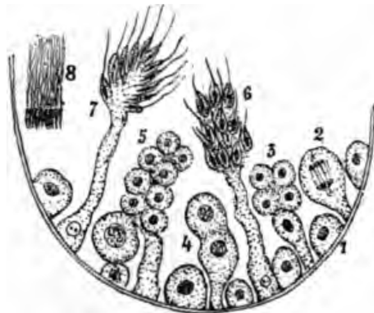


Fig. 54. — Spermatogénèse chez le rat. La figure représente le fond d'un tube du testicule (400 diamètres).

1, cellules pariétales. — 2, cellule de Henle à deux noyaux, en karyokinese. — 3, 5, cellules de Kölliker devant se transformer en spermatoblastes. — 4, cellule de Henle. — 6, 7, cellules de Sertoli ou cellules en chandelier portant des spermatoblastes presque transformés en spermatozoïdes. — 8, faisceau de spermatozoïdes devenus libres (d'après Mathias Duval).

1° *Cellules pariétales* (1). — Ce sont des cellules épithéliales petites, plus ou moins sphériques, tapissant la surface interne des canaux séminifères. Elles ont un volume variable (fig. 54, 1).

2° *Cellules de Henle* (2). — Ces cellules, comme toutes celles qui suivent, ne quittent jamais la paroi du tube, à laquelle elles sont rattachées par un pédicule de protoplasma. Elles sont volumineuses, émergent entre les cellules pariétales. On constate leur prolifération et par conséquent les divers stades de karyokinèse de leur noyau (fig. 54, 2). Ce sont des cellules pariétales ayant pris un grand développement (fig. 54, 4).

3° *Cellules de Kölliker* (3). — Ces cellules sont disposées par groupes de deux, quatre ou huit, retenues également à la paroi du

(1) On les a appelées cellules souches, cellules germinatives, cellules folliculeuses, ovules mâles inertes, spermatogonies, etc.

(2) Synonymes : spermatocytes, ovules mâles actifs, cellules mères, cellules séminales.

(3) Synonymes : spermatocytes de second ordre, spermatides, spermatoblastes, cellules filles.

ce moment précis, il est impossible de constater la moindre différence entre les deux sexes. (Voir le développement de l'ovule pour le sexe féminin.)

Dans le testicule futur, les traînées d'épithélium et d'ovules primordiaux formant les *tubes de Pflüger* ne s'étranglent pas comme dans le sexe féminin pour former les ovisacs, mais ils restent à l'état de tube, s'allongent et s'entortillent de manière à former les *tubes* ou *canaux séminifères* du testicule. Les ovules primordiaux disparaissent et il ne reste plus de l'épithélium ger-

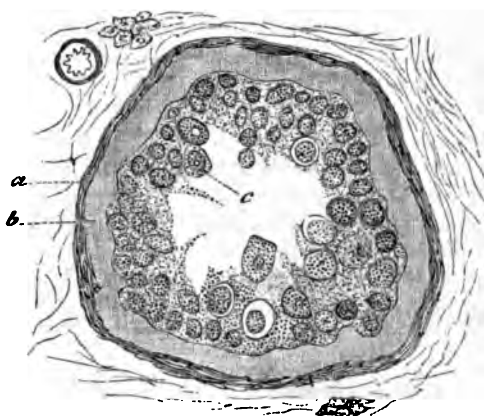


Fig. 53. — Coupe d'un tube testiculaire chez un supplicié de cinquante ans (faible grossissement).

a, *b*, paroi du tube. — *c*, spermatoblastes.

minatif qu'une couche de cellules tapissant ces tubes séminifères et *devenant l'élément d'origine des spermatoblastes.*

Cet exemple de différenciation est des plus curieux. Les tubes de Pflüger avant la différenciation sont semblables dans les deux sexes. Si les tubes se différencient en ovisacs, il naîtra une femelle ; s'ils se différencient en tubes séminifères ce sera un mâle. En résumé, on appelle *spermatoblastes* les cellules des tubes séminifères dérivées de l'épithélium germinatif de l'embryon.

Développement des spermatozoïdes. — Cette étude est des plus attrayantes. Je tâcherai de l'exposer avec clarté et pour cela j'indiquerai les nombreux synonymes des éléments qui se rencontrent dans les tubes séminifères. Sans cette précaution, la description serait peut-être peu compréhensible. Je recommande donc de consulter les synonymes pour comprendre la lecture des divers et nombreux travaux faits sur ce sujet.

Pour étudier les spermatoblastes il faut faire, après durcissement, des coupes de tubes séminifères sur un sujet adulte en puissance spermatique ou plutôt spermatogénique. Il est bon aussi d'étudier les tubes séminifères des animaux qui coïtent rarement, une fois par an peut-être, comme les mollusques, les batraciens, les poissons plagiostomes, chez lesquels les phénomènes évolutifs sont moins complexes.

Quand on examine la section d'un tube séminifère on trouve appliquées sur sa paroi interne quatre espèces de cellules spermatoblastes, cellules, je le dis tout de suite, qui paraissent n'être qu'une seule et même cellule à diverses périodes de son évolution.

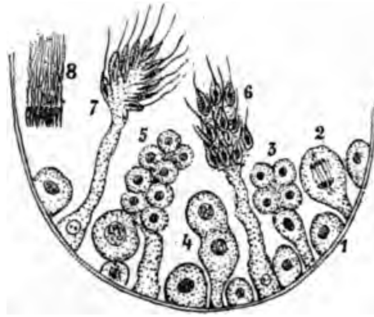


Fig. 54. — Spermatogénèse chez le rat. La figure représente le fond d'un tube du testicule (400 diamètres).

1, cellules pariétales. — 2, cellule de Henle à deux noyaux, en karyokinèse. — 3, 5, cellules de Kölliker devant se transformer en spermatoblastes. — 4, cellule de Henle. — 6, 7, cellules de Sertoli ou cellules en chandelier portant des spermatoblastes presque transformés en spermatozoïdes. — 8, faisceau de spermatozoïdes devenus libres (d'après Mathias Duval).

On y trouve les cellules pariétales, les cellules de Henle, les cellules de Kölliker et les cellules ramifiées de Sertoli.

1° *Cellules pariétales* (1). — Ce sont des cellules épithéliales petites, plus ou moins sphériques, tapissant la surface interne des canaux séminifères. Elles ont un volume variable (fig. 54, 1).

2° *Cellules de Henle* (2). — Ces cellules, comme toutes celles qui suivent, ne quittent jamais la paroi du tube, à laquelle elles sont rattachées par un pédicule de protoplasma. Elles sont volumineuses, émergent entre les cellules pariétales. On constate leur prolifération et par conséquent les divers stades de karyokinèse de leur noyau (fig. 54, 2). Ce sont des cellules pariétales ayant pris un grand développement (fig. 54, 4).

3° *Cellules de Kölliker* (3). — Ces cellules sont disposées par groupes de deux, quatre ou huit, retenues également à la paroi du

(1) On les a appelées cellules souches, cellules germinatives, cellules folliculeuses, ovules mâles inertes, spermatogonies, etc.

(2) Synonymes : spermatocytes, ovules mâles actifs, cellules mères, cellules séminales.

(3) Synonymes : spermatocytes de second ordre, spermatides, spermatoblastes, cellules filles.

tube par un pied de protoplasma. Elles sont petites et proviennent de la division karyokinétique des cellules de Henle. Ce sont là les vrais spermatoblastes devant donner naissance à autant de spermatozoïdes (fig. 54, 3, 5).

4° *Cellules ramifiées de Sertoli* ou *cellules en chandelier* (1). — Ce sont des tiges de protoplasme adhérentes à la paroi du tube, passant entre les diverses cellules précédentes et s'épanouissant dans la lumière du tube en se ramifiant à la manière d'un candélabre. Le pied du candélabre contient toujours un noyau près de la paroi du tube, *noyau pédieux* (fig. 54, 3, 7).

La tige de protoplasma du candélabre présente des échancrures formées par les empreintes des cellules voisines.

Quant à l'extrémité ramifiée, chacune des ramifications est une petite cellule d'où émerge un filament. C'est la queue d'un spermatozoïde dont la tête est encore contenue dans la cellule.

Fig. 55. — Coupe d'un tube du testicule chez le rat.

a, spermatozoïdes. — *b*, *c*, spermatoblastes. — *d*, paroi du tube. — *e*, cellules et fibres conjonctives (faible grossissement). Les détails sont moins nets que dans la figure 54.

Dans les cellules ramifiées de Sertoli, le noyau pédieux peut se trouver à différentes hauteurs de la tige. Quelques-unes de ces cellules ont perdu leurs ramifications et sont réduites à leur pied tronqué.

J'ai dit que chacune des cellules qui forment les ramifications des cellules de Sertoli donne naissance à un spermatozoïde. Ces derniers sortent en même temps du groupe de la cellule ramifiée et se placent les uns à côté des autres, les têtes du même côté. Ils constituent ainsi un *faisceau de spermatozoïdes*. Ces derniers, étant incomplètement développés, ne sont pas encore mûrs. Chassés vers les voies spermatiques par les nouvelles portions de sperme sécrété, c'est-à-dire par la *vis a tergo*, les faisceaux spermatiques rencontrent le liquide des vésicules séminales où ils se dissocient et où chaque spermatozoïde acquiert la liberté de ses mouvements.

(1) Synonymes : cellules à pied, cellules de soutien, spermatoblastes.

L'examen de ces divers éléments n'étant pas des plus simples, on comprend que tous les observateurs n'aient pas interprété les faits de la même manière et que quelques-uns ayant vu les spermatoblastes des cellules de Kölliker donner naissance aux spermatozoïdes et n'ayant vu que le pied tronqué des cellules de Sertoli aient appelé ces pieds *colonne de soutien* et n'aient considéré comme spermatoblastes que les cellules de Kölliker.

D'autres observateurs, n'ayant pas vu les cellules de Kölliker fournir des spermatozoïdes et ayant remarqué que ceux-ci sortaient uniquement des cellules de Sertoli, ont considéré ces dernières comme des spermatoblastes, supposant que les autres cellules étaient destinées à former un liquide devant délayer le sperme.

Résumons cette question de la spermatogénèse et n'oublions pas que la production des spermatozoïdes est incessante dans les tubes séminifères.

Les diverses cellules que nous venons d'étudier ne sont que des phases différentes de l'évolution des spermatoblastes. Les *cellules pariétales* se transforment tour à tour, en grossissant et en restant toujours attachées à la paroi, en *cellules de Henle*. Celles-ci, volumineuses, prolifèrent et donnent naissance à un groupe de cellules plus petites rattachées à la paroi du tube par un tractus de protoplasma. Pendant cette évolution, les spermatozoïdes commencent à se former dans les spermatoblastes venant de la division des *cellules de Kölliker*. Celles-ci, devenues plus nombreuses, le tractus protoplasmique de la base s'étant allongé, et les spermatozoïdes ayant continué à se développer, sont devenues les *cellules en chandelier* ou *cellules de Sertoli*.

Ces cellules, par une dernière prolifération, donnent naissance à des cellules libres, affectant une forme spéciale, le noyau d'un côté, le protoplasma de l'autre, ce sont les spermatozoïdes. Ces derniers ont donc bien évidemment une origine cellulaire; ils sont le dernier terme de la prolifération des cellules des canaux séminifères, ou spermatoblastes.

Enfin les spermatozoïdes se groupent en *faisceaux spermatiques*. Tel est le mode de formation des spermatoblastes et des spermatozoïdes qui en proviennent.

Historique. — Louis Hamm, étudiant allemand à Dantzig, examinant par hasard le sperme au microscope y découvrit des filaments mobiles, en 1677. Il fit part de sa découverte à son maître Leeuwenhoeck qui constata la présence de ces filaments chez tous les animaux qu'il put se procurer.

On pensa que ce filament était un petit être qui se développait et se transformait en embryon dans le sein maternel et on lui donna le nom d'*animalcule* spermatique.

Avec l'imagination et quelques illusions microscopiques, on décrivit à cet animalcule divers organes comme à un animal développé : bouche, anus,

intestin, organes génitaux, etc. Ces erreurs ont eu cours pendant deux siècles environ. Ces fantaisies furent cause du mépris qu'on eut pour le microscope pendant de longues années.

Dujardin reconnut que ces corpuscules sont des éléments anatomiques provenant des canaux séminifères (1837).

Duvernoy rejette le nom d'animalcule et le remplace par celui de *spermatozoïde* ou *filament spermatique* (1841).

On ne s'est guère occupé des spermatozoïdes jusqu'en 1865, époque à laquelle Schweiger-Seidel en donna une bonne description.

Il faut arriver à ces dix dernières années pour constater les publications de travaux sérieux et intéressants sur la structure des spermatozoïdes et la spermatogenèse. Il me suffira de citer ces travaux qu'on consultera avec fruit.

Pflüger, 1863. *Die Eierstöche der Sangethiere und der Menschen* (Leipzig). — Waldeyer, 1870. *Eierstöche und Ei*. (Leipzig). — Mathias Duval, 1878-1880. *De la spermatogenèse chez les mollusques gastéropodes; Recherches sur la spermatogenèse chez la grenouille* (Revue des sc. nat. de Montpellier). — Renson, 1882. *De la spermatogenèse chez les mammifères* (Arch. de biol. de Van Beneden). — G. Hermann, 1882. *Recherches sur la spermatogenèse chez les sélaciens* (Journ. de l'Anat. et de la Phys.). — Jensen, 1883. *Recherche sur la spermatogenèse* (Arch. de biol. de Van Beneden); Jensen, 1887 (Arch. f. mikr. anat.). — A. Prenant, 1887. *Notes sur la structure des spermatozoïdes chez l'homme* (C. rendus de la soc. de biol.). — A. Prenant, 1888. *Sur la cytologie des éléments séminaux chez les reptiles* (C. rendus de la soc. de biol.). — Ebner, 1888. *Zur. Sperm. bei Saüge Thieren* (Arch. f. mik. anat.). — L. Guignard, 1889. *Dév. et constit. des anthérozoïdes des Fucacées* (Acad. des sc.). — Ballowitz, 1890. *Unters ub. die structure der sperm.* (Arch.f. mik. anat.). — Piana et Sertoli, 1894. *Contrib. à l'étude de la fonction spermatogénique* (Arch. italiennes de biologie).

ARTICLE II

OVULE OU ŒUF (*Elément femelle*).

En dehors de la fécondation il existe une ponte chez toutes les femelles. Une poule privée de coq pond des œufs non fécondés. Les femelles des mammifères pondent également des œufs. Un œuf sort aussi des ovaires de la femme à chaque époque menstruelle.

On a beaucoup étudié l'ovule des animaux inférieurs parce que les observations sont plus faciles à faire chez ces animaux. Je m'occuperai surtout de l'œuf des mammifères et principalement de l'œuf humain.

Il siège dans la couche superficielle de l'ovaire, dans la substance corticale, appelée par Sappey, *couche ovigène*. Il existe un nombre considérable d'ovules dans les deux ovaires, depuis la première période embryonnaire jusqu'à l'extrême vieillesse (72.000 d'après Henle, 700.000 d'après Sappey). Mais les ovules des enfants, comme ceux des vieilles femmes, ne sont pas aptes à être fécondés. Il faut,

pour qu'ils acquièrent cette aptitude, qu'ils mûrissent. Or, ils ne peuvent arriver à maturité, chez la femme, que pendant la période de la vie où elle est réglée, de quinze à quarante-cinq ans, terme moyen, sauf quelques rares exceptions.

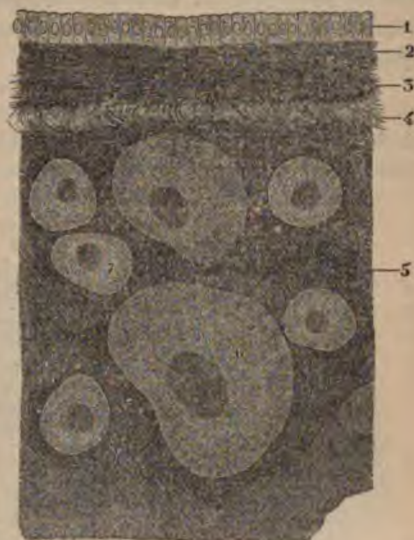


Fig. 56. — Couche ovigène de l'ovaire.

1, épithélium germinatif. — 2, 3, 4, 5, diverses parties du stroma conjonctif. — 6, ovisac ou follicule volumineux. — 7, follicule plus petit.

Formation des ovules. — J'ai déjà dit (voy. *Développement des spermatozoïdes*) que les testicules et les ovaires prennent naissance sur les *éminences sexuelles* situées dans la cavité abdominale de l'embryon, de chaque côté de l'insertion du mésentère. C'est de ce point qu'ils descendront pour se placer, les testicules dans le scrotum, les ovaires sur les bords du détroit supérieur du bassin. J'ai expliqué comment l'épithélium embryonnaire, recouvrant les éminences sexuelles, s'épaissit et forme plusieurs couches, connues sous le nom d'*épithélium germinatif*, ce qui signifie qu'il donne naissance aux germes. En effet, le deuxième jour après la fécondation, on voit des traînées épithéliales, issues de l'épithélium germinatif, s'enfoncer profondément et former des filaments, des cordons. Ce sont les *tubes* ou *cordons de Pflüger*. Quelques cellules de l'épithélium germinatif qui s'étaient différenciées en cellules volumineuses, sphériques, à gros noyau, se mêlent à l'épithélium des cordons de Pflüger dans lesquels elles s'échelonnent à des distances assez régulières. Ces grosses cellules arrondies sont connues sous le nom d'*ovules primordiaux* de l'épithélium germinatif. Au bout de très peu de temps il se produit des étranglements complets qui transforment les cordons de Pflüger en autant de petites sphères formées d'épithélium et contenant un ovule primordial. Ces petites sphères sont les *ovisacs* placés les uns au bout des autres comme les grains d'un chapelet. Tel est le mode de développement des ovules.

Après la formation des ovules et des ovisacs, l'épithélium germinatif perd sa propriété ovigène et va former l'épithélium cylin-

intestin, organes génitaux, etc. Ces erreurs ont eu cours pendant deux siècles environ. Ces fantaisies furent cause du mépris qu'on eut pour le microscope pendant de longues années.

Dujardin reconnut que ces corpuscules sont des éléments anatomiques provenant des canaux séminifères (1837).

Duvernoy rejette le nom d'animalcule et le remplace par celui de *spermatozoïde* ou *filament spermatique* (1841).

On ne s'est guère occupé des spermatozoïdes jusqu'en 1865, époque à laquelle Schweiger-Seidel en donna une bonne description.

Il faut arriver à ces dix dernières années pour constater les publications de travaux sérieux et intéressants sur la structure des spermatozoïdes et la spermatogenèse. Il me suffira de citer ces travaux qu'on consultera avec fruit.

Pflüger. 1863. *Die Eierstöche der Saugethiere und der Menschen* (Leipzig). — Waldeyer, 1870. *Eierstöche und Ei.* (Leipzig). — Mathias Duval, 1878-1880. *De la spermatogenèse chez les mollusques gastéropodes; Recherches sur la spermatogenèse chez la grenouille* (Revue des sc. nat. de Montpellier). — Renson, 1882. *De la spermatogenèse chez les mammifères (*Arch. de biol. de Van Beneden). — G. Hermann, 1882. *Recherches sur la spermatogenèse chez les sélaciens* (Journ. de l'Anat. et de la Phys.). — Jensen, 1883. *Recherche sur la spermatogenèse* (Arch. de biol. de Van Beneden); Jensen, 1887 (Arch. f. mikr. anat.). — A. Prenant, 1887. *Notes sur la structure des spermatozoïdes chez l'homme* (C. rendus de la soc. de biol.). — A. Prenant, 1888. *Sur la cytologie des éléments séminaux chez les reptiles* (C. rendus de la soc. de biol.). — Ebner, 1888. *Zur. Sperm. bei Saüge Thieren* (Arch. f. mik. anat.). — L. Guignard, 1889. *Dév. et constit. des anthérozoïdes des Fucacées* (Acad. des sc.). — Ballowitz, 1890. *Unters ub. die structure der sperm.* (Arch.f. mik. anat.). — Piana et Sertoli. 1894. *Contrib. à l'étude de la fonction spermatogénique* (Arch. italiennes de biologie).

ARTICLE II

OVULE OU ŒUF *(Elément femelle)*.

En dehors de la fécondation il existe une ponte chez toutes les femelles. Une poule privée de coq pond des œufs non fécondés. Les femelles des mammifères pondent également des œufs. Un œuf sort aussi des ovaires de la femme à chaque époque menstruelle.

On a beaucoup étudié l'ovule des animaux inférieurs parce que les observations sont plus faciles à faire chez ces animaux. Je m'occuperai surtout de l'œuf des mammifères et principalement de l'œuf humain.

Il siège dans la couche superficielle de l'ovaire, dans la substance corticale, appelée par Sappey, *couche ovigène*. Il existe un nombre considérable d'ovules dans les deux ovaires, depuis la première période embryonnaire jusqu'à l'extrême vieillesse (72.000 d'après Henle, 700.000 d'après Sappey). Mais les ovules des enfants, comme ceux des vieilles femmes, ne sont pas aptes à être fécondés. Il faut,

pour qu'ils acquièrent cette aptitude, qu'ils mûrissent. Or, ils ne peuvent arriver à maturité, chez la femme, que pendant la période de la vie où elle est réglée, de quinze à quarante-cinq ans, terme moyen, sauf quelques rares exceptions.



Fig. 56. — Couche ovigène de l'ovaire.

1, épithélium germinatif. — 2, 3, 4, 5, diverses parties du stroma conjonctif. — 6, ovisac ou follicule volumineux. — 7, follicule plus petit.

Formation des ovules. — J'ai déjà dit (voy. *Développement des spermatozoïdes*) que les testicules et les ovaires prennent naissance sur les *éminences sexuelles* situées dans la cavité abdominale de l'embryon, de chaque côté de l'insertion du mésentère. C'est de ce point qu'ils descendront pour se placer, les testicules dans le scrotum, les ovaires sur les bords du détroit supérieur du bassin. J'ai expliqué comment l'épithélium embryonnaire, recouvrant les éminences sexuelles, s'épaissit et forme plusieurs couches, connues sous le nom d'*épithélium germinatif*, ce qui signifie qu'il donne naissance aux germes. En effet, le deuxième jour après la fécondation, on voit des traînées épithéliales, issues de l'épithélium germinatif, s'enfoncer profondément et former des filaments, des cordons. Ce sont les *tubes* ou *cordons de Pflüger*. Quelques cellules de l'épithélium germinatif qui s'étaient différenciées en cellules volumineuses, sphériques, à gros noyau, se mêlent à l'épithélium des cordons de Pflüger dans lesquels elles s'échelonnent à des distances assez régulières. Ces grosses cellules arrondies sont connues sous le nom d'*ovules primordiaux* de l'épithélium germinatif. Au bout de très peu de temps il se produit des étranglements complets qui transforment les cordons de Pflüger en autant de petites sphères formées d'épithélium et contenant un ovule primordial. Ces petites sphères sont les *ovisacs* placés les uns au bout des autres comme les grains d'un chapelet. Tel est le mode de développement des ovules.

Après la formation des ovules et des ovisacs, l'épithélium germinatif perd sa propriété ovigène et va former l'épithélium cylin-

drique qui recouvre la surface de l'ovaire (1). Des observations récentes ont montré que cet épithélium ovarien conserve cette propriété sur certains animaux, comme les carnassiers, la chauve-souris, les reptiles, et peut-être même chez la femme, ce qui n'est pas encore prouvé.

Structure d'un ovule. — Je parlerai ici de l'ovule jeune, c'est-à-dire non encore mûr. Chaque ovule est contenu dans un ovisac. Celui-ci est un amas de cellules, venues par prolifération de l'épi-



Fig. 56 *bis*. — Coupe de la couche ovigène d'un ovaire d'enfant de douze ans, avant la puberté.

a, ovisac à son origine. — *b*, *b*, *b*, ovisacs jeunes. — *c*, ovisac un peu plus développé. *d*, ovule entouré de la membrane granuleuse. — *e*, *f*, épithélium.

thélium des cordons de Pflüger et entourant l'ovule sous le nom de *membrane granuleuse*. Ces cellules tapissent les fibres du tissu conjonctif de l'ovaire refoulé par elles et forment une sorte de paroi de l'ovisac, mais celui-ci n'a pas de paroi propre. Les cellules épithéliales de la membrane granuleuse, de 8 μ de diamètre environ, généralement cubiques, grandissent et prolifèrent autour

(1) Pour plus d'exactitude, je dois faire remarquer que quelques auteurs désignent les cellules ovulaires primitives sous le nom d'*ovogonies* ou *ovoblastes* (ce mot s'applique à toutes les cellules de l'ovisac.) Parmi les cellules ovogonies, l'une devient plus volumineuse et constitue l'*ovocyte*. Continuant sa croissance, elle donnera naissance à l'*ovule* définitif. Il est alors complet, après avoir rejeté, toutefois, ses globules polaires (voy. maturation de l'œuf, plus loin).

de l'ovule qu'elles englobent directement, de sorte que l'ovisac est formé d'une masse d'épithélium et d'un ovule.

L'ovule jeune, trop vert pour être fécondé, a un diamètre un peu supérieur à celui d'un leucocyte, 15 μ en moyenne. Mais lorsqu'il aura grossi, lorsque, en un mot, il sera apte à être fécondé, il sera de douze à quinze fois plus gros et il atteindra 200 μ.

L'ovule jeune est le type de la cellule de Max Schultze, c'est une petite sphère de protoplasma nu contenant un noyau et des nucléoles, comme toutes les cellules jeunes. Le protoplasma et le noyau ont les caractères du *protoplasma* et du *noyau* tels qu'ils ont été décrits plus haut en parlant des cellules.

Ovule mûr. — L'ovisac et l'ovule grandissent et se modifient en approchant de l'époque de la puberté, c'est-à-dire du moment de la ponte. Ces modifications, ces changements s'opèrent du côté de l'ovisac aussi bien que du côté de l'ovule. Du côté de l'ovisac on remarque un accroissement tel qu'on peut le voir à l'œil nu. Les cellules de la membrane granuleuse ont continué à se multiplier. En même temps elles élaborent un liquide albumineux, *liquor folliculi*, qui s'accumule insensiblement vers le centre de l'ovisac, de telle sorte qu'il refoule l'ovule vers un point de sa paroi. Le liquide est partout en contact avec les cellules de la membrane granuleuse, mais il ne baigne pas l'ovule, entouré par une petite masse de cellules qui lui forment comme une couche protectrice à laquelle on donne le nom de *disque proligère* (pour l'ovisac, voy. *Ovaire*).



Fig. 57. — Ovule.

1, membrane vitelline (enveloppe de cellule). — 2, vitellus (protoplasma granuleux). — 3, vésicule germinative (noyau). — 4, tache germinative (nucléole). La sphère directrice et le centrosome ne sont pas apparents.

L'ovule grossit également jusqu'à mesurer 200 μ et à ce moment sa structure est la suivante. C'est l'ovule des auteurs avec sa membrane vitelline. Il est visible à l'œil nu.

Sa structure comprend toutes les parties constituantes d'une cellule avec une membrane d'enveloppe ; les différentes parties ont reçu des noms particuliers en raison de la destination particulière de cette cellule. Le protoplasma prend le nom de *vitellus*, l'enveloppe est la *membrane vitelline*, le noyau est appelé *vésicule germinative*, et les nucléoles *taches germinatives*.

Protoplasma ou vitellus. — Le protoplasme de l'ovule, ou *vitellus*, d'aspect réticulé comme le protoplasma de toutes les cellules, renferme une substance peu abondante formée de granulations

graisseuses et de petites sphères albuminoïdes, granulations et sphères qui constituent le *vitellus nutritif*. Le protoplasma même de la cellule prendra le nom de *vitellus formatif* (1). On appelle encore le vitellus nutritif *deutoplasma* (2) ou *lécithe* (3). Les belles recherches d'Hermann Fol (1891) nous ont appris qu'il existe dans le protoplasma de l'ovule, comme dans celui des autres cellules, une ou deux sphères directrices avec un centrosome qu'il a appelé *ovocentre*. Cet ovocentre deviendra le centre de l'aster femelle qui se formera au moment de la fécondation.

Autour de ce vitellus, autrement dit du protoplasma de l'ovule plus ou moins modifié, se forme une membrane, véritable production exoplasmique, c'est la *membrane vitelline*.

Membrane vitelline. — Cette membrane a 15 μ d'épaisseur en moyenne. Elle est formée d'une substance amorphe, transparente, présentant des stries perpendiculaires à sa surface, stries considérées par Remak et Leydig comme des canalicules poreux analogues à ceux du plateau des cellules cylindriques de l'intestin grêle. Cette membrane est assez molle pour être traversée par les spermatozoïdes. Lorsqu'elle offre une certaine résistance, comme chez les poissons osseux, elle est pourvue d'un trou, ou *micropyle*, dans lequel pénètre le spermatozoïde. Doyère, en France, a signalé le premier le micropyle de l'œuf des poissons, sur le *syngnathus ophidium*. Plus tard, Bruck le découvrit de son côté dans l'œuf de la *truite*, Leuckart sur les œufs du *silure* et du *brochet*. Le micropyle se rencontre fréquemment dans l'œuf des *invertébrés* : holoturies, vers, etc.

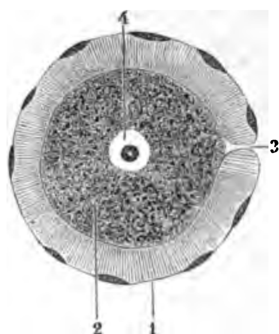


Fig. 58. — Micropyle dans l'œuf de l'*holoturia tubulosa*.

1, membrane vitelline. — 2, vitellus. — 3, micropyle. — 4, vésicule germinative.

La membrane vitelline est quelquefois appelée *chorion*, *zone*

(1) Le mot *formatif* signifie que cette partie du vitellus formera l'embryon, qu'elle se segmentera et se transformera en cellules embryonnaires ; le vitellus *nutritif* est une provision, de formation spéciale, qui est destinée à nourrir l'embryon.

(2) Du grec *deuteros* δευτερος, nouveau et *plasma* πλασμα, figure façonnée, ce qui veut dire simplement substance nouvelle, secondaire.

(3) Du grec *lekitos* λεκιτος, jaune d'œuf. Il faut avouer que ces expressions ne sont pas très heureuses.

transparente, zone pellucide. Elle subit des transformations. Ainsi, au moment où le spermatozoïde pénètre dans l'ovule pour le féconder, la membrane vitelline a disparu et a été remplacée par une couche mucilagineuse molle. Dès que cette pénétration a eu lieu, le vitellus sécrète à sa surface une véritable membrane vitelline, absolument impénétrable à de nouveaux spermatozoïdes.

Dans quelques animaux, comme la taupe, la vitelline est poreuse.

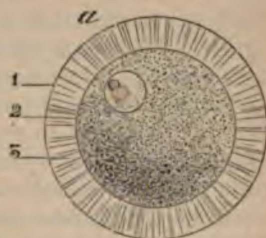


Fig. 59. — Ovule de taupe.

1, limite extérieure de la membrane vitelline. — 2, limite intérieure. — 3, canaux poreux de cette membrane.

Espace périvitellin. — Après que le protoplasma s'est entouré de la membrane vitelline, il se rétracte légèrement et il se trouve séparé de la vitelline par un petit espace rempli de liquide albumineux et nommé *espace périvitellin.*

Zone radiée. — Autour de la membrane vitelline, il se forme une nouvelle couche produite par les cellules de la membrane granuleuse. Cette couche, beaucoup plus épaisse et plus molle que la vitelline, a reçu le nom de *zone radiée* à cause de son aspect strié. Elle présente des stries ou rayons qui la traversent perpendiculairement de la surface de la vitelline à l'extérieur de cette zone.



Fig. 60. — Ovule de femme.

a, membrane vitelline. — *b*, vitellus. — *c*, vésicule germinative. — *d*, tache germinative. — *e*, espace périvitellin. La sphère directrice et le centrosome ne sont pas apparents.

Noyau ou *vésicule germinative.* — Le noyau est vésiculeux, entouré par conséquent d'une membrane ; il est volumineux et mesure 40 μ en moyenne. Comme le noyau de toutes les cellules, il contient un réseau nucléaire formé par un *mitome* ou filament chromatique baigné par un *hyaloplasma* (voy. la cellule en général).

Nucléoles ou *taches germinatives.* — Il y a ordinairement deux nucléoles dans l'œuf des mammifères, ils sont un peu plus petits qu'un globule rouge de sang. Chez les batraciens et les poissons,

on trouve une quantité de nucléoles tellement abondante qu'il est difficile de les compter.

Telle est la structure des ovules jeunes et des ovules arrivés à maturité. Ce dernier est celui dont on trouve la description dans les auteurs ; il est regrettable qu'ils n'aient pas établi la distinction entre l'ovule mûr et celui qui ne l'est pas encore.

Variétés d'ovules. — Les œufs sont petits chez les mammifères, ils ont peu de vitellus nutritif parce qu'ils doivent se développer au sein de l'organisme maternel qui leur fournit les matériaux de nutrition. Il sont volumineux au contraire chez les ovipares, dont l'embryon doit se développer en dehors de la mère. Le jaune de l'œuf, c'est-à-dire l'ovule de la poule, est trois cents fois plus volumineux que l'œuf de la femme. Son énorme volume est dû à ce que l'embryon devra se nourrir de la substance contenue dans la coquille pendant vingt et un jours, jusqu'à ce qu'il brise lui-même sa coquille pour aller à la recherche d'une nourriture extérieure. La masse de jaune et de blanc a suffi à former les os, les muscles, et tous les organes du jeune poussin, y compris ses plumes.

Il est difficile de parler des variétés d'ovules sans sortir du domaine de l'anatomie humaine. Balfour a établi une division des ovules d'après les proportions relatives de vitellus formatif et de vitellus nutritif qu'ils renferment.

Quand il y a très peu de vitellus formatif, c'est-à-dire de deutoplasma, ou lécithe, on dit que l'œuf est *alécithe* (1) (du grec *a* sans, absence de, et *lékitos* λεκιτος vitellus, c'est-à-dire sans vitellus). Ex. : œuf des mammifères.

Lorsque la provision nutritive, le vitellus nutritif, est abondante et répandue dans toutes les parties de l'ovule, l'œuf est dit ***panlècithe*** (du grec *pan* παν, tout, total, et *lékitos* vitellus, c'est-à-dire tout le vitellus). Ex. : œuf des batraciens.

La troisième variété d'ovules est formée par les œufs ***télolécithes*** (de *télos* τελος, loin et *lekitos* λεκιτος vitellus, c'est-à-dire que le vitellus est éloigné). En effet, dans ces œufs, comme on le voit chez les oiseaux (1), les reptiles et les poissons, le vitellus formatif et le vitellus nutritif sont nettement séparés. Le premier entoure le noyau d'une manière très distincte, c'est lui qui forme la *cicatricule* du jaune de l'œuf de l'oiseau ; tandis que le vitellus

(1) Cet œuf est encore nommé *holoblastique*, de *olos* ολος, entier et ***blastos*** βλαστος, germe, ce qui signifie qu'ils sont presque réduits au protoplasma formateur. Pour cette raison, M. Duval les nomme *oligolécithes*, de ***oligos*** ολιγος, peu.

nutritif, la provision alimentaire, forme cette masse volumineuse appelée *jaune de l'œuf*.

Il existe quelques particularités intéressantes chez les Invertébrés et je dirai, à titre de simple curiosité, que dans certains cas, le deutoplasma se place au centre du vitellus formatif ; on dit alors que l'œuf est *centrolécithe*. Exemple : les arthropodes.

Dans l'œuf de l'oiseau l'ovule est représenté par le jaune et la cicatricule, le tout enveloppé par la membrane vitelline. Il ne diffère de l'œuf des mammifères que par le volume du protoplasma nutritif (jaune) ; mais le reste de l'œuf est absolument identique. Au milieu d'une petite quantité de vitellus formatif on trouve la vésicule germinative et la tache germinative. Le *germe*, ou *cicatricule*, est donc l'ensemble du vitellus formatif et du noyau.

Les ovules fécondés des ovipares, poule par exemple, doivent se développer complètement dans leur enveloppe extérieure, coquille, jusqu'au moment où, brisant la coquille à coups de bec, le fœtus s'échappe au dehors pour chercher sa nourriture.

Pendant les vingt et un jours qu'a exigés son complet développement, le jaune ou vitellus nutritif a suffi à l'évolution de tous les tissus des trois feuillets du blastoderme.

La fécondation de l'ovule de la poule et de tous les ovipares n'est possible que dans l'ovaire, puisque c'est dans l'oviducte que l'œuf s'entoure de ses enveloppes absolument impénétrables aux spermatozoïdes.

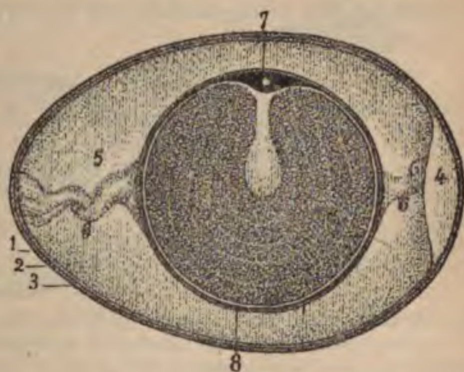


Fig. 61. — Œuf des oiseaux.

1, coquille. — 2, feuillet externe de la membrane coquillière. — 3, feuillet interne de la membrane coquillière. — 4, chambre à air entre ces deux feuillets. — 5, blanc de l'œuf, albumen. — 6, 6, chalazes. — 7, vésicule germinative, cicatricule. — 8, vitellus entouré par la membrane vitelline. On y voit les couches concentriques de vitellus et sa masse centrale plus blanche.

Œuf de poule. — A titre de document curieux, je donne la description d'un ovule ou œuf de poule. La poule et les autres oiseaux, au moment de la maturité des ovules, présentent des masses jaunes, en grappes reliées les unes aux autres par un pédicule. Ces masses constitueront le jaune de l'œuf qu'on sert sur la table. On y voit la cicatricule formée du noyau et du vitellus formatif, avec la grosse masse jaune du vitellus nutritif. Au moment de la ponte, tous les jours ou tous les deux jours, un ovule se détache et parcourt l'oviducte avant d'être expulsé. Dans la première partie de ce trajet, il s'entoure d'une couche

considérable d'albumine, puis il se recouvre de la membrane coquillière (albumine concrète), puis enfin de la coquille, membrane albumineuse incrustée de sels calcaires.

La coquille est *poreuse*, elle se laisse pénétrer par l'air et par les liquides dans lesquels on plonge l'œuf. L'air repousse la membrane coquillière pour former la *chambre à air*. C'est par l'action de l'air que l'œuf fermente, se gâte et prend une mauvaise odeur caractéristique.

C'est pour cette raison qu'on met les œufs à l'abri de l'air pour les conserver. On peut les conserver frais pendant deux ou trois mois en les plaçant dans une armoire fermée entre des couches de linge. Mais le meilleur moyen de les conserver pendant six mois et plus, pendant tout l'hiver, consiste à empêcher le contact de l'air. C'est pour cela qu'on place les œufs dans l'eau de chaux, dans du lait de chaux ou dans l'eau salée (saumure). On peut encore les recouvrir d'une substance isolante.

Quand on laisse un œuf dans un liquide, quand on le fait cuire dans une eau contenant en dissolution du sel ou des substances aromatiques, le contenu de l'œuf devient salé ou prend l'odeur de ces substances. La coquille prend les matières colorantes pendant l'ébullition.

Quand les poules sont mal nourries, surtout quand elles ne trouvent pas de sable, en volière principalement, la coquille est mince et peu résistante.

Travail de l'œuf mûr (1). *Phénomènes de maturation.*

Pendant que l'ovule augmente de volume et arrive à maturité, il se produit des changements fort curieux dans sa propre subs-

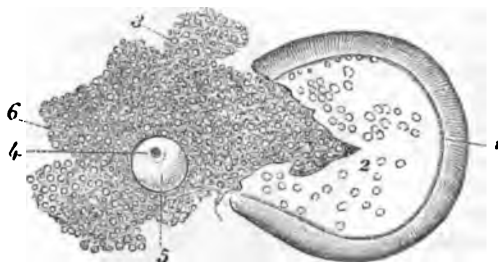


Fig. 62. — Rupture ou déhiscence de la vésicule de de Graaf, et projection de l'œuf dans la trompe.

1, paroi de la vésicule. — 2, déchirure de la vésicule. — 3 et 6, cellules du disque proligère expulsées et de la membrane granuleuse. — 4, vésicule germinative. — 5, ovule contenant la sphère directrice et son centrosome.

tance, changements qui le rendent apte à être fécondé, c'est-à-dire à recevoir et à élaborer la chromatine qui lui sera apportée

(1) Il ne faut pas confondre la maturité de l'ovule avec celle de l'ovisac. L'ovisac qui renferme l'ovule se développe lorsque l'ovule doit être pondu. Il faut, pour que l'ovule sorte de l'ovaire, qu'il soit, pour ainsi dire, projeté dans le pavillon de la trompe par la vésicule de de Graaf, par l'ovisac, qui a mûri de son côté. La maturatioh de l'ovisac consiste dans l'accumulation d'une grande quantité de liquide albumineux qui augmente jusqu'à ce que la paroi se rompe. A ce moment, il se rétracte subitement et, en se rétractant, il projette l'ovule dans la trompe (fig. 62).

par la tête du spermatozoïde, vrai noyau de cellule, comme je l'ai déjà dit. Quand un ovule mûr n'a pas subi les phénomènes de la maturation, il est incapable d'être fécondé. De nombreuses expériences l'ont prouvé.

Le travail de maturation consiste dans l'*expulsion des globules polaires*. La formation des globules polaires, rejetés au dehors, n'est autre chose qu'une réduction de la partie essentielle de l'œuf, de la chromatine de son noyau. Les globules polaires sont ordinairement au nombre de deux.



Fig. 63. — Mécanisme de la formation des globules polaires à la surface de l'ovule et de l'expulsion de la chromatine chez les Hirudinées.

On voit d'abord une saillie, qui s'accentue, s'allonge, se pédiculise, et finalement se détache.

Phénomène intime de l'excrétion des deux globules polaires. — L'expression *maturation* n'a aucune raison d'être. Nous verrons plus loin pourquoi l'ovule rejette les deux globules polaires.

Carus, en 1828, découvrit les globules polaires. On les nomma plus tard *globules de rebut*, n'en voyant pas la signification. Pour la formation des globules polaires telle que nous l'ont appris les travaux de Fol, Hertwig et Selenka, il faut relire avec soin les phénomènes de la karyokinèse que j'ai exposés lorsque j'ai parlé de la formation des cellules.

Au moment où la maturation de l'ovule va commencer, son noyau, ou vésicule germinative, se disloque, sa membrane disparaît et la totalité du noyau pâlit au point qu'il semble disparaître. On appelait autrefois cette phase la *disparition de la vésicule germinative*. Si on traite l'œuf, à ce moment, par les réactifs fixateurs et si on fait agir ensuite sur lui les réactifs colorants de la chromatine, on constate qu'il se passe un acte spécial de karyokinèse. Le noyau qui possède huit grains de chromatine fait une saillie à la surface de l'ovule comme le montre la figure 64. Là, par karyokinèse, il se divise en deux noyaux ayant chacun pour centre une sphère directrice. L'un des demi-noyaux, possédant quatre grains de chromatine se sépare de l'ovule qui s'est ainsi débarrassé de la moitié de sa chromatine. Telle est le mode d'expulsion du *premier globule polaire* (fig. 63 et 64).

L'excrétion du *second globule polaire* se fait de la même

manière. Le demi-noyau restant dans l'ovule, après l'expulsion du premier globule polaire, se divise de même par karyokinèse, en deux noyaux plus petits contenant chacun deux grains de chromatine. Le fuseau de direction unissant les deux asters est placé près de la surface de l'œuf, dans une direction perpendiculaire à la surface de l'ovule comme nous l'avons vu pour la formation du premier globule polaire. L'aster le plus superficiel fait saillie, proémine à la surface de l'ovule en emportant deux grains de chromatine et il est rejeté également. L'œuf, dit mûr, reste donc avec deux grains de chromatine.

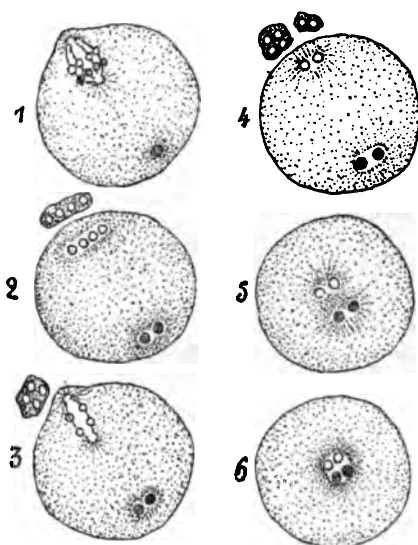


Fig. 64. — Constitution des globules polaires réduction de la chromatine.

1, saillie du premier globule polaire. Fuseau de direction et huit grains de chromatine. En bas le *pronucléus mâle*, tête du spermatozoïde. — 2, le premier globule polaire emporte la moitié de la chromatine de l'ovule avec un aster. Le pronucléus mâle se dédouble. — 3, le deuxième globule polaire se forme de même qu'un nouveau fuseau de direction et ses deux asters. On voit le premier globule polaire avec ses quatre grains de chromatine en même temps que la saillie qui prépare le second. — 4, le second globule polaire emporte la moitié de la chromatine restante, c'est à dire deux grains. Les deux grains qui restent constitueront désormais le *pronucleus femelle* qui va gagner le centre de l'œuf. — Le pronucleus femelle attire le pronucleus mâle qui se rapproche. — 6, les deux pronuclei se joignent et formeront le noyau vitellin ou noyau de l'œuf fécondé.

Ces figures sont un schema de la production des globules polaires et des pronucléi dans l'ovule de l'*Ascaris megalocephala*, ver intestinal du cheval.

Ce qui reste du noyau, ou vésicule germinative, se dirige vers le centre de l'œuf et prend le nom de *pronucléus femelle*. (Voir fécondation, phénomènes intimes.)

Les œufs de l'*ascaris megalocephala*, ver intestinal du cheval, se prêtent admirablement à cette étude. Son noyau est formé de huit grains de chromatine très distincts.

Quelle est la signification des globules polaires ? — Pourquoi sont-ils rejetés ? Voici ce qui est admis.

La fécondation va s'opérer. L'hérédité se transmet par la chromatine ; or, pour que le nouvel être participe également du père et de la mère, il est nécessaire que dans la conjonction des éléments mâle et femelle, chacun apporte une dose égale de chromatine. Si la chromatine de la femelle était deux fois plus volu-

mineuse que celle du mâle, l'hérédité ne serait pas égale du côté des parents et le produit de la fécondation tiendrait deux fois plus de la mère que du père. Or ce serait là une anomalie qu'on ne peut admettre en embryogénie.

Pronucléus mâle et pronucléus femelle. — La tête du spermatozoïde contient *deux grains* de chromatine ; le noyau de l'ovule en contient *huit*. Le premier globule polaire emporte quatre grains avec lui. Il en reste donc quatre dans le noyau de l'ovule. Le second globule polaire en emporte deux, c'est-à-dire la moitié de la deuxième moitié. Il restera donc dans le noyau de l'ovule, c'est-à-dire dans le pronucléus femelle, deux grains de chromatine qui pourront fusionner légalement, régulièrement, avec les deux grains de chromatine de la tête du spermatozoïde. Celle-ci formera le *pronucléus mâle*, de sorte que la fécondation résultera du mélange du pronucléus mâle et du pronucléus femelle.

En résumé, la formation des globules polaires n'a d'autre but que l'excrétion des trois quarts de la chromatine du noyau de l'ovule.

Historique. — Vers la fin du XVIIe siècle (1672), de Graaf découvrit les ovisacs qu'il prit pour les œufs. On ne pouvait avoir alors aucune notion de l'ovule ni de la fécondation. Lorsque de Baer découvrit l'ovule dans l'ovisac, en 1827, on ne donna plus une aussi grande importance aux ovisacs qu'on avait pris d'abord pour des œufs. En 1825, Purkinje trouva la *vésicule germinative*, c'est-à-dire le noyau de l'œuf, à laquelle il fit jouer un grand rôle dans la fécondation. Ses observations eurent lieu chez les oiseaux. Neuf ans plus tard, en 1834, Coste découvrit la vésicule germinative chez les mammifères. Un peu plus tard, en 1836, Wagner découvrit la *tache germinative* ou nucléole du noyau. L'auteur de chacune de ces découvertes crut avoir trouvé la partie essentielle de l'œuf, présidant à la fécondation, mais leurs théories reposaient sur des données extrêmement vagues. Cependant des travaux importants furent publiés par Prévost et Dumas : *Sur la génération*, 1824 (Annales des sc. nat.), par Coste, 1848. (*Histoire du développement des corps organisés*), par Bischoff, 1842. *Entewicklung-sgeschichte des kaninchenei*e et par Kölliker, 1843, *Ueber die ersten Vorgänge in befruchteten* (Arch. de Muller).

Depuis longtemps, dès 1785, quoiqu'on ne connut pas encore l'ovule des mammifères, l'abbé Spallanzani avait fait justice de l'erreur si commode et si accréditée de l'*aura seminalis*. On supposait qu'il se dégageait du sperme une sorte de fluide mystérieux qui pouvait féconder la femelle a distance, et on croyait que les mouvements des spermatozoïdes facilitaient la sortie de ce fluide. Spallanzani mit des œuf de grenouille au-dessus d'une couche de sperme extrait du mâle et il n'observa jamais de fécondation ; mais celle-ci se manifestait toutes les fois qu'il favorisait le contact entre le sperme et les œufs.

On consultera avec fruit le mémoire publié en 1862 par Robin : *Sur les globules polaires de l'ovule* (Journal de la physiologie).

Les progrès de l'embryologie firent découvrir le lieu de naissance des éléments mâle et femelle. Les *cordons de Pflüger* furent décrits en 1863 (voy. Spermatozoïdes) par Pflüger. Waldeyer découvrit ensuite, 1870 (voy. Spermatozoïdes), l'*épithélium germinatif* et ses relations avec les tubes de Pflüger.

Van Beneden publia plus tard des travaux fort intéressants : 1876. *La maturation de l'œuf* (Bull. acad. Roy. de Belgique); 1880, *Contributions à la connaissance de l'ovaire des mammifères* (Soc. de biologie); 1883, *Nouvelles recherchés sur la maturation de l'œuf*. Il ne faut pas oublier l'intéressant mémoire présenté à la Société de biologie, en 1883, par Mathias Duval. *Sur la segmentation et sur les globules polaires chez les batraciens.*

On trouvera aussi quelques considérations sur la maturation de l'œuf dans les travaux de O. Hertwig, de Selenka et de Fol qui se rapportent surtout à la fécondation.

ARTICLE III

FÉCONDATION

L'acte de la fécondation ou de la *caryogamie* (de *caryon*, καρυον, noyau, et *gamos*, γαμος, mariage), consiste dans le mariage, l'union intime de la chromatine du noyau de l'élément mâle et de celle de l'élément femelle. Dans les deux règnes, animal et végétal, la fécondation est identique.

Les animaux inférieurs unicellulaires sont dépourvus des éléments de la fécondation, ils se reproduisent sans le secours des deux sexes et un seul générateur suffit (reproduction asexuée). Leur reproduction a lieu : 1° par *fissiparité* (l'animal se divise en deux fragments qui se divisent et se subdivisent à leur tour); 2° par *gemmiparité* ou *bourgeonnement* (un bourgeon naît sur l'individu, s'en détache et produit un nouvel individu semblable au premier) ; 3° par *sporulation* (l'animal se divise, en un temps très court, en plusieurs fragments nommés spores) ; 4° enfin par *gemmulation* (l'animal donne naissance, à l'intérieur de son corps, à plusieurs amas cellulaires qu'il rejette et qui se transforment en nouveaux êtres).



Fig. 65.

Charles Robin, professeur d'histologie à la faculté de Médecine de Paris, né le 4 juin 1821 à Jasseron (Ain) ; mort à Jasseron le 6 octobre 1885. Présenta sa thèse le 31 août 1846 sur *la région chirurgicale de l'Aine*. A fait des travaux considérables sur l'histologie, mais une grande partie de ses idées ont été réformées par l'Ecole moderne. Travailleur infatigable, peu éloquent, il était très redouté aux examens où il se montrait du reste fort désagréable et ne venant jamais au secours d'un candidat dont la mémoire faisait défaut.

Parthénogenèse. — Dans la reproduction par union des sexes, un animal peut se reproduire sans fécondation. Ces cas rares existent ; on dit alors qu'il y a *parthénogenèse* (du grec *parthenos*, παρθενος vierge et *génesis*, γένεσις, génération, vierge qui engendre).

Il est certain que, dans quelques cas, l'ovule peut se développer et former un embryon sans fécondation préalable. On l'observe chez les vers à soie, les abeilles, les pucerons. La parthénogenèse explique la présence d'un embryon plus ou moins complet dans les kystes de l'ovaire des vierges. Il est vrai qu'on peut l'expliquer aussi par le phénomène de l'inclusion fœtale, c'est-à-dire inclusion d'un germe avorté dans un autre germe évolué. Ainsi s'explique la présence d'un fœtus plus ou moins complet dans le testicule d'un homme (Velpeau).

Les phénomènes de la fécondation sont les mêmes dans toute la série animale, y compris l'espèce humaine.

Ce sont les travaux récents d'Hermann Fol, de O. Hertwig et de Sélenka qui nous ont révélé les mystères de la fécondation des animaux (1875). Ils se sont servis des spermatozoïdes et des ovules des oursins et des étoiles de mer (échinodermes (1)).

Lieu de la fécondation. — Nous avons vu que l'ovule n'est apte à être fécondé qu'après avoir perdu ses deux globules polaires, c'est-à-dire après sa maturation. La maturation de l'œuf commence dans l'ovaire même et s'achève au moment de la sortie. A sa sortie de l'ovaire, il est pris par le pavillon de la trompe de Fallope qui s'applique sur lui au moyen de la contraction de ses fibres musculaires. De là, il est porté vers l'utérus par les mouvements des cils vibratiles de la trompe. D'un autre côté, les spermatozoïdes déposés au fond du vagin s'introduisent dans le col utérin par leurs propres mouvements.



Fig. 66. — Schéma d'un ovule avec des spermatozoïdes dans l'épaisseur de la zone radiée. On voit le privilégié pénétrer dans le vitellus.

La rencontre de l'élément mâle et de l'élément femelle *ne peut pas avoir lieu dans l'utérus* parce que les œufs non fécondés, à leur arrivée dans l'utérus, sont altérés, granuleux, en état de régression, de destruction.

C'est dans le pavillon de la trompe qu'a lieu ordinairement la fécondation. Lorsqu'on sacrifie une femelle d'animal, quelques jours après le coït, c'est dans le pavillon de la trompe qu'on

(1) Ou animaux à peau épineuse.

trouve un grand nombre de spermatozoïdes. La fécondation des œufs des oiseaux prouve qu'elle a lieu dans le pavillon de l'oviducte. Elle ne peut en effet avoir lieu plus bas, puisque, plus bas, l'ovule s'entoure de couches dures que le spermatozoïde ne saurait traverser. Exceptionnellement, la fécondation peut avoir lieu sur l'ovaire, puisqu'on constate des *grossesses extra-utérines ovariennes* et des *grossesses extra-utérines péritonéales*, l'œuf fécondé étant tombé dans le cul-de-sac péritonéal recto-vaginal et s'y étant développé.

Rencontre de l'ovule et du spermatozoïde. — Après chaque coït on peut trouver des spermatozoïdes errants dans les voies génitales de la femelle. L'ovule ne sort de l'ovaire chez la femme qu'au moment, à la fin le plus souvent, de l'époque menstruelle. C'est donc immédiatement avant ou immédiatement après la menstruation que *la fécondation a le plus de chance de s'accomplir*. La femme, dans la fécondation, joue un rôle passif, et peut être comparée, sauf le respect qu'on doit toujours au beau sexe, à un bocal. Elle peut concevoir sans qu'elle éprouve aucune sensation voluptueuse. Il en est autrement en dehors des époques menstruelles; la participation de la femme aux sensations voluptueuses du coït peut amener la rupture de quelque ovisac arrivé à maturité. Donc, *la fécondation est possible à toutes les époques*, mais elle a plus de chance de réussir au moment de la menstruation. Si les filles publiques sont rarement fécondées, cela tient aux lavages vaginaux qu'elles font fréquemment et aussi à ce qu'elles n'éprouvent généralement aucune sensation. Elles ne courent donc un peu de risque qu'au moment de l'époque menstruelle.

Après le coït, il se passe de vingt à trente minutes avant qu'un seul spermatozoïde ait pénétré dans le col utérin, d'où l'on doit conclure qu'il est facile d'empêcher la fécondation.

Le spermatozoïde privilégié. — Au moment où les spermatozoïdes, aux aguets dans le pavillon de la trompe, rencontrent l'ovule mûr qui vient de se débarrasser des cellules folliculaires, c'est-à-dire du disque proligère, qui veillaient à sa nutrition, ils se précipitent sur lui et pénètrent dans la couche molle, dite *zone radiée*. Parmi eux, le plus agile, le *privilégié*, dit H. Fol, va pénétrer dans l'ovule pour le féconder pendant que les autres restent empêtrés dans la zone radiée gluante. *Un seul féconde l'ovule*, il ne peut y en avoir plusieurs car, aussitôt après, l'ovule s'entoure d'une nouvelle membrane vitelline impénétrable.

Prévost et Dumas ont démontré que dans le sperme le *spermatozoïde a seul le pouvoir fécondant*. Si on filtre du sperme, le

liquide qui passe à travers le filtre ne peut pas féconder les œufs. Ils ont montré qu'une seule goutte de sperme de grenouille, contenant une centaine de spermatozoïdes, peut féconder une trentaine d'œufs. Quelle énorme quantité d'ovules pourraient féconder les spermatozoïdes d'une seule éjaculation !



Fig. 67. — Arrivée des spermatozoïdes sur l'ovule et pénétration du privilégié, dans l'œuf de l'*Asteria glacialis* (d'après H. Fol). On y voit la saillie du vitellus qui s'avance au-devant de la tête du spermatozoïde.

Stérilité. — Pour que la rencontre des deux éléments, mâle ou femelle, puisse s'opérer, il faut que la voie soit libre. Or elle est fréquemment obstruée, surtout par d'épaisses mucosités qui remplissent le col utérin plus ou moins enflammé. L'œuf meurt en arrière du mucus, le spermatozoïde expire en avant. Rien n'est commun comme la métrite du col. *Voilà la principale cause de la stérilité*, qui dépend de la femme 99 fois sur 100.

Pénétration du spermatozoïde dans l'ovule. — Le spermatozoïde privilégié qui aborde l'ovule traverse la couche mucilagineuse et enfonce sa tête dans le vitellus à la manière d'un fer de lance. Il perd sa queue dans la couche mucilagineuse et sa tête s'engloutit dans le vitellus où nous la retrouverons plus tard sous le nom de *pronucleus mâle*. Par une sorte de force inconnue, dont j'ai parlé à l'article *Protoplasma*, et connue sous le nom de *taxie* ou *tropisme*, ce spermatozoïde est attiré par le vitellus qui présente à ce moment même une saillie, une proéminence au-devant de la tête du spermatozoïde qui s'y précipite. Au moment où la tête a pénétré, on remarque une légère dépression à la place de la proéminence.



Fig. 68. — La tête du spermatozoïde a pénétré dans le vitellus ; la queue qui est en dehors se perdra dans le voisinage. Œuf de l'*Asteria glacialis* (d'après H. Fol).

Barry, Bischoff, Meissner, Robin avaient vu les spermatozoïdes à la surface des œufs, mais aucun n'avait saisi la pénétration. C'est vers 1875 que le curieux phénomène intime de la fécondation

nous fut révélé en même temps par les études de H. Fol, Hertwig et Selenka sur les échinodermes. Ils ont étudié les œufs des oursins et pendant que le dernier étudiait au golfe du Mexique, le premier expérimentait sur les bords de la Méditerranée et le deuxième sur le lac de Genève.

Phénomènes intimes de la fécondation. — L'ovule est préparé à la fécondation par sa maturation, par l'excrétion des globules polaires. Il s'est débarrassé des trois quarts de la chromatine de son noyau, il en a rejeté six grains sur huit, il lui reste donc deux grains ; il est dès lors fécondable et apte à recevoir les deux grains de chromatine de la tête du spermatozoïde (voy. *Maturation de l'ovule*). Après le rejet de ses globules polaires, le noyau, réduit à deux grains de chromatine, se porte vers le centre de l'œuf et prend le nom de *pronucléus femelle*. A côté du pronucleus femelle se trouve son centrosome, ou *ovocentre*, qui l'a constamment accompagné. Tel est l'état de l'ovule préparé à recevoir la tête du spermatozoïde au moment de quitter l'ovaire.

Action du spermatozoïde. — Dès que la tête du spermatozoïde a pénétré dans le vitellus, elle se dissocie ; son centrosome formera le *spermocentre*, comparable à l'ovocentre, et les deux grains de chromatine formeront un corpuscule particulier qu'on nommera *pronucléus mâle* (voy. fig. 68).

Formation des asters. — A ce moment l'ovule contient donc deux demi-noyaux, le pronucleus mâle et le pronucléus femelle celui-ci accompagné de l'ovocentre, celui-là du spermocentre. Le premier est périphérique, le second est central. Les deux pronuclei jouent le rôle de deux sphères directrices par rapport aux granulations du vitellus comme dans la karyokinèse. Ils attirent les granulations ou microsomes du vitellus, situées dans leur voisinage et ceux-ci se disposent en séries linéaires convergentes vers les pronuclei. Les deux pronuclei forment donc deux asters, ou étoiles, identiques à ceux que nous avons décrits dans la karyokinèse, l'*aster femelle* et l'*aster mâle*.

L'aster mâle paraît attiré vers le centre de l'œuf par l'aster femelle ; il s'en rapproche de plus en plus et paraît se confondre avec lui. La réunion des deux pronuclei forme le *noyau de l'œuf fécondé*. On donnait autrefois le nom de *noyau vitellin* au noyau de l'œuf fécondé, sans en connaître l'origine, puisque Robin admettait à tort sa genèse spontanée.

Noyau de l'œuf fécondé, noyau vitellin. — Le noyau de l'œuf fécondé est formé de quatre grains, *deux de chromatine* ***mâle*** et

deux de chromatine femelle. Les deux chromatines sont donc en quantités égales. Pour comprendre ce fait il faut se rappeler que la tête du spermatozoïde est un *noyau réduit* ne contenant que deux grains de chromatine. En effet, lorsque nous avons étudié la formation des spermatozoïdes, nous avons vu que la division successive des cellules de Kölliker se fait rapidement, sans période de repos ; autrement dit les cellules sont en état d'activité constante, de sorte que la rapidité de l'acte de la karyokinèse est un obstacle à la formation d'une grande quantité de chromatine. Il résulte de cette rapidité d'évolution que la cellule qui a donné naissance à ce spermatozoïde a perdu insensiblement les trois quarts de sa chromatine, de sorte que la tête du spermatozoïde, véritable noyau, n'en a conservé que le quart, c'est-à-dire deux grains.

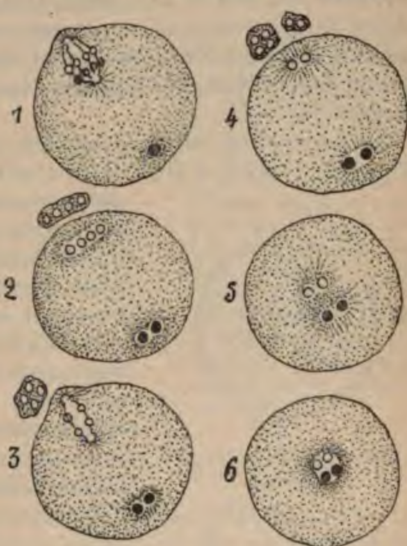


Fig. 69 à 74. — Schéma de la fécondation sur un ver intestinal du cheval, l'*Ascaris megalocephala.* Les grains de chromatine femelle sont figurés en blanc, ceux de chromatine mâle en noir (d'après M. Duval).

1, on voit le fuseau de direction et la préparation du premier globule polaire. Le point noir est le pronucléus mâle formé par la tête du spermatozoïde. — 2, le premier globule est expulsé ; la chromatine de la tête du spermatozoïde s'est divisée en deux grains. — 3, nouveau fuseau de direction et préparation du second globule polaire. — 4, le second globule polaire est expulsé ; il reste deux grains de chromatine femelle qui forment le pronucléus femelle ; les deux pronucléi se dirigent l'un vers l'autre et vers le centre de l'œuf. — 5, les deux pronucléi se rapprochent et sont près de se confondre. — 6, la rencontre s'est opérée, les pronucléi se fusionnent, la fécondation est faite.

La *première cellule embryonnaire* est le *germe ;* elle est le résultat de la conjugaison, de la réunion du *pronucleus mâle*, tête du spermatozoïde ayant pénétré dans l'ovule, et du *pronucleus femelle*. De cette première cellule embryonnaire naîtront rapidement par karyokinèse toutes les autres cellules embryonnaires.

La multiplication des cellules est le fait dominant de l'embryologie et du développement. La cellule initiale, l'œuf, véritable cellule, se divise en deux cellules-filles ; celles-ci se diviseront en quatre ; de ces quatre naîtront huit, puis seize cellules, etc., et

l'embryon ne sera au début qu'un agrégat de cellules. Tous ces organes microscopiques ont un travail prodigieux à accomplir. Il se fait une division du travail, pour la création des tissus et des organes, de sorte que, peu de temps après leur formation, les diverses cellules ne sont plus identiques de forme ni de fonction. Elles *se différencient* en plusieurs formes cellulaires bien différentes, à chacune desquelles est dévolue une fonction spéciale; telles les cellules épithéliales, conjonctives, musculaires, nerveuses, etc.

La *karyokinèse de la première cellule embryonnaire* de l'œuf fécondé se produit ainsi. Dès que l'accolement de la chromatine du pronucleus mâle et du pronucleus femelle s'est produit (fig. 74), il se fait une transformation des deux chromatines. Elles perdent la forme de grains et prennent celle d'anses chromatiques (fig. 75). Elles ne se fusionnent jamais, elles ne font que s'entrelacer, de sorte que nous avons *deux anses chromatiques mâles* et *deux anses chromatiques femelles*. Je conseille au lecteur de relire la karyokinèse.

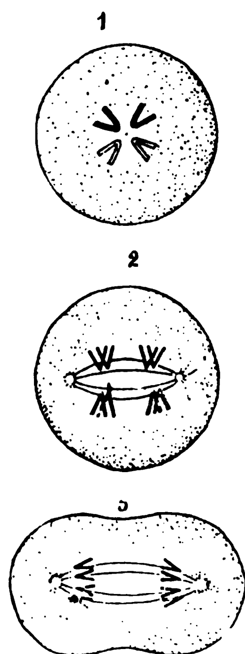


Fig. 75. — Schéma de la segmentation succédant à la fécondation sans phase de repos du noyau, chez l'*Ascaris magalocephala* (suite des figures précédentes) d'après Mathias Duval.

1, karyokinèse de la première cellule embryonnaire. Transformation des deux grains de la chromatine du pronucléus mâle (en noir) et des deux grains de la chromatine du pronucléus femelle (en blanc, en anses chromatiques. — 2, formation des deux asters et du fuseau de direction, dédoublement des anses chromatiques. — 3, les anses chromatiques dédoublées se groupent autour des asters pour donner naissance, par suite de leur fusion, à deux noyaux.

Deux corpuscules se montrent alors sur deux points opposés de l'ovule, de chaque côté du noyau ; ils seront le centre des deux asters et, par conséquent, du noyau des deux cellules-filles futures.

Comme dans toute karyokinèse, les anses chromatiques se dédoubleront et formeront deux roues superposées perpendiculaires au fuseau de direction, puis elles se renverseront et s'écarteront les unes des autres en se regardant par la partie concave. Leur sommet sera attiré vers l'aster correspondant où elles se

porteront en se fusionnant et en donnant naissance à un mitome chromatique formé moitié par la chromatine mâle et moitié par la chromatine femelle.

Lorsque les deux nouveaux noyaux sont formés, le protoplasma s'étrangle par le milieu ; cet étranglement coupe en deux le fuseau de direction, la séparation s'opère et l'on a deux cellules-filles (voy. la *karyokinèse des cellules*).



Fig. 76. — Au moment de la fusion des anses chromatiques et de la formation du mitome du nouveau noyau, le protoplasma s'étrangle, se divise pour former deux nouvelles cellules, comme nous l'avons vu en parlant de la karyokinèse.

Les asters, jouant le rôle de sphères attractives de chaque côté du noyau, sont formés par la réunion du spermocentre et de l'ovocentre qui se sont séparés en deux parties égales, de sorte que chaque cellule-fille contiendra la moitié des anses chromatiques mâles, la moitié des anses chromatiques femelles, la moitié de l'ovocentre et la moitié du spermocentre.

Voici comment le spermocentre et l'ovocentre concourent à la formation du noyau des deux cellules-filles.

Le pronucleus femelle est accompagné de l'ovocentre. Le pronucleus mâle est accompagné du spermocentre, situé entre les deux pronuclei, et paraissant attirer le mâle vers la femelle. Au moment où les deux pronuclei vont se rejoindre, le spermocentre se rejette de côté, mais du côté opposé où se trouve l'ovocentre.

Hérédité. — La fécondation fait comprendre l'hérédité. Il est évident que c'est dans l'acte de la fécondation que se transmettent les propriétés héréditaires des générateurs, père et mère, au descendant. Ressemblance, manière d'être, conformation générale, conformation des organes, germe des maladies transmissibles (syphilis, tuberculose, etc.), aptitudes intellectuelles, instincts, passions, vices et vertus, etc., etc., tout cela est transmis par les deux grains de chromatine paternelle et les deux grains de chromatine maternelle, ainsi que par les demi-centrosomes mâle et femelle. Le descendant doit tenir par moitiés égales du père et de la mère, car les deux chromosomes paternel et maternel, de volume égal, se sont réunis, de même que les demi-centrosomes paternel et maternel. Telle est l'hérédité démontrée pour ainsi dire mathématiquement.

Suivons la filiation de la reproduction des cellules. Tant que durera la prolifération des cellules de l'embryon, la chromatine de ces cellules dérivera toujours de la cellule embryonnaire primitive et sera toujours formée moitié par la chromatine mâle et moitié par la chromatine femelle. Voilà pourquoi on a coutume de dire que les cellules sont hermaphrodites. Un point reste obscur. Comment un enfant né d'un second père peut-il ressembler au premier, et comment un animal peut-il ressembler à un père précédent, quoique ce pre-

mier générateur soit complètement différent du second. Ces cas ne sont pas rares ? Y aurait-il eu fécondation latente, c'est-à-dire contact de plusieurs spermatozoïdes avec plusieurs ovules, la fécondation de quelques-uns restant latente ?

Pendant que la chromatine mâle et femelle se transforme, se brise et forme les anses chromatiques, le spermocentre et l'ovocentre se divisent chacun en deux parties, de sorte qu'ils forment quatre corpuscules, deux demi-ovocentres et deux demi-spermocentres, situés de chaque côté des deux pronuclei réunis. Alors a lieu un mouvement que Fol a appelé *quadrille des centres*, le com-

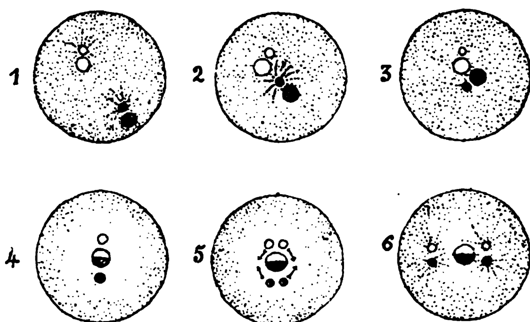


Fig. 77. — Schéma du quadrille des centres (division et conjugaison du spermocentre et de l'ovocentre). Le pronucléus femelle et l'ovocentre sont en blanc, le pronucléus mâle est ombré et le spermocentre est en noir (d'après M. Duval).

1. le pronucléus femelle flanqué de l'ovocentre et le pronucléus mâle flanqué du spermocentre se dirigent vers le centre de l'œuf. — 2, ils se rapprochent davantage. — 3, le pronucléus mâle et le pronucléus femelle arrivent en contact au centre de l'œuf. — 4, fusion du pronucléus mâle et du pronucléus femelle, fournissant chacun la moitié de la chromatine; le spermocentre et l'ovocentre sont situés sur deux points diamétralement opposés. — 5, le spermocentre et l'ovocentre se divisent en deux parties, chacune des moitiés ira se fusionner avec celle du côté opposé en suivant la direction des flèches. — 6, réunion des deux parties convergentes comme dans le quadrille ; les demi-spermocentres se fusionnent avec les demi-ovocentres pour former deux centrosomes directeurs de la segmentation.

parant à une figure de quadrille. En effet chacun des demi-ovocentres se dirige vers un demi-spermocentre et s'accole à lui pour former la partie centrale de l'aster d'où partira le fuseau de direction unissant les asters et passant autour du noyau. La jonction de ces demi-centrosomes de sexualité différente formera le centrosome de chacun des asters. Ces deux demi-centrosomes, l'un mâle, l'autre femelle, forment le centrosome définitif de chaque cellule fille. Une simple question; le centrosome des cellules ne formerait-il pas le nucléole ? Il faut, avant de lire cet article, revoir la *karyokinèse* en général.

Fécondation anormale. — Certaines fécondations anormales n'ont pas reçu d'explication suffisante. On sait qu'on peut rencontrer des kystes fœtaux du scrotum (inclusion fœtale), des kystes congénitaux du cou, du dos et du périnée, et les kystes dermoïdes qu'on rencontre parfois chez les vierges. Y a-t-il inclusion plus ou moins complète d'un germe dans un autre germe ?

On peut rapprocher de ces productions singulières les cas dans lesquels deux jumeaux se fusionnent plus ou moins complètement. Dans la figure 78, on voit un cas extraordinaire de fusion



Fig. 78.



Fig. 79.

de deux germes. Cette figure est tirée des *Œuvres d'Ambroise Paré*, édition Malgaigne, 1841, t. III, p. 6. Cet homme vivait à Valence en 1530. Un cas analogue se voit dans la figure 79, empruntée à Geoffroy Saint-Hilaire (*Atlas des monstruosités*, planche 18 (1). Nos contemporains n'ont pas oublié les frères Siamois, Chang et Eng, unis au niveau du thorax par une cloison large comme la main ; ni les sœurs hongroises, unies par les fesses, et mortes simultanément à l'âge de vingt-deux ans, par suite d'une broncho-pneumonie de l'une d'elles, ni Millie-Christine, deux jeunes filles que l'on montra dans les théâtres de Paris et

(1) En consultant ces deux ouvrages, on peut voir un certain nombre de monstruosités les plus curieuses.

qui étaient si bien unies par la région dorsale qu'elles n'avaient qu'un seul anus pour les deux.

Fécondation artificielle.

Les expériences de l'abbé Spallanzani sur les œufs de batraciens, montrant que le contact du spermatozoïde et de l'ovule est indispensable pour produire la fécondation, les expériences faites par Fol, Hertwig et Selenka, il y a juste un quart de siècle, sur les échinodermes, sont des faits de fécondation artificielle.

Cette fécondation peut se faire aussi dans l'espèce humaine. On comprendra facilement qu'un auteur ne peut s'appesantir sur les détails du procédé opératoire. Il est bon cependant que les médecins le connaissent en substance.

C'est dans le cas de stérilité de la femme qu'on y a recours généralement, et honnêtement, stérilité qui peut reconnaître une foule de causes inhérentes à chacun des sujets. Il faut que les éléments anatomiques mouvants du sperme du mâle soient de bonne qualité. Ce liquide doit être recueilli dans une seringue à longue canule, parfaitement aseptisée et maintenue à une douce température. Il faut laisser écouler le moins de temps possible entre le moment où le liquide séminal a été recueilli, et celui de l'introduction dans les voies génitales de la femme.

La femme étant placée dans une position convenable, qu'il est inutile d'expliquer, l'opérateur introduit le liquide fécondant dans la cavité du corps de l'utérus. L'opération est faite.

Naturellement, la fécondation artificielle ne peut réussir que si les voies génitales profondes (utérus et trompes de Fallope) sont perméables et accessibles aux spermatozoïdes. Toute cause d'obstruction de ces voies, telles que salpingite, métrite, etc., sera un obstacle insurmontable à la fécondation artificielle.

Historique. — Quoique les spermatozoïdes fussent connus depuis 1677, ce n'est qu'en 1785 que l'abbé Spallanzani détruisit l'hypothèse de l'*aura seminalis* en démontrant que le contact de l'ovule et du spermatozoïde est nécessaire pour la fécondation. (Spallanzani, Genève, 1785. *Expériences pour servir a la génération des animaux et des plantes*. Prévost et Dumas, en 1824, constatèrent que la fécondation a lieu uniquement par le spermatozoïde, le seul élément fécondant du sperme. Consultez Prévost et Dumas, *Mémoire sur la génération*. Ann. des sc. nat., t. II, 1894 ; Coste, *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1848 ; Bischoff, 1842. Kölliker. Archives de Müller, 1843.)

Jusqu'en 1875, de nombreux travaux parurent sur le pouvoir fécondant des spermatozoïdes et sur la maturation de l'œuf. Carus découvrit les globules polaires en 1828.

Des idées erronées persistaient sur la fécondation. On croyait que la vésicule germinative disparaissait en même temps qu'étaient excrétés les globules

polaires ; on faisait naître le *noyau vitellin*, noyau de l'ovule fécondé, de toutes pièces dans le protoplasma de l'ovule.

Vers 1875, les travaux de Fol, d'Hertwig et de Selenka, publiés en même temps, firent connaître les phénomènes intimes de la fécondation. C'est de cette époque que date la connaissance exacte de la chromatine de l'ovule et du spermatozoïde. Les observateurs étudièrent la fécondation sur les œufs des échinodermes. On connut dès lors la vraie signification des globules polaires ; on constata qu'ils sont une excrétion de la chromatine de l'ovule, que la vésicule germinative ne disparaît pas, mais qu'elle pâlit seulement. Enfin, on vit que le noyau vitellin n'est autre chose que la portion de chromatine persistant dans l'œuf après l'excrétion des globules polaires.

Fol fit voir que les globules polaires étaient exerétés par une véritable karyokinèse ; il découvrit le spermocentre et l'ovocentre sur les animaux pendant que Guignard constatait les mêmes corpuscules dans les végétaux. (O. Hertwig, Morpholog. Jahrb., 1875, 1877, 1878 ; E. Selenka, Erlangen, 1878 ; H. Fol, *Recherches sur la fécondation et le commencement de l'hémogénie*, Genève, 1879) ; Léon Guignard, *Nouvelles études sur la fécondation chez les plantes et chez les animaux*. Annal. des Sciences naturelles botaniques t. XIV, 1891).

Lorsque Fol eut découvert le spermocentre et l'ovocentre et le rôle qu'ils jouent dans la fécondation, Van Beneden, Rein et Balbiani confirmèrent sa découverte (Van Beneden, *Nouvelles recherches sur la maturation de l'œuf, la fécondation et la division cellulaire*, Archives de biologie, t. IV, 1883. Mathias Duval, *Les monstres par défaut et les monstres par excès de fécondation*. Annales de gynécologie et d'obstétrique, 1895).

C'est, en somme, grâce aux travaux de H. Fol, de O. Hertwig et de E. Selenka que nous avons pu pénétrer ce qui était autrefois le mystère de la fécondation.

ARTICLE V

DÉVELOPPEMENT DE L'EMBRYON (1)

En terminant l'étude de la fécondation, j'ai laissé l'ovule fécondé au moment où le noyau s'est divisé par karyokinèse pour former les deux premières *cellules embryonnaires*. Ces cellules se divisent à leur tour et la multiplication continue ainsi jusqu'à production d'une masse de petites cellules appelées *blastomères*. Ce

(1) L'embryologie est hérissée de difficultés. Pourquoi ?

1° D'abord, le sujet par lui-même est assez ardu ;

2° Les auteurs ne sont pas toujours d'accord sur les termes, et il est assez fréquent de trouver quatre ou cinq expressions pour distinguer le même objet ; pourquoi employer trois termes différents pour l'intestin primitif : *intestin primitif, archentéron, mésentéron*. L'ectoderme s'appelle encore *épiblaste, ectoblaste, feuillet germinatif externe, feuillet blastodermique primaire externe*, etc. Les auteurs décrivent avec raison l'embryon couché sur l'œuf, la tête en avant, la face ventrale regardant le centre de l'œuf, de sorte que les trois *vésicules cérébrales* sont dites *antérieure, moyenne et postérieure* ; pourquoi Sappey décrit-il l'embryon vertical de manière à désigner les vésicules sous les noms de *supérieure, moyenne et inférieure* ? Tout cela trouble l'esprit des

phénomène de multiplication constitue ce qu'on est convenu d'appeler la *segmentation du vitellus* ou du *jaune*. Le résultat de cette segmentation sera la formation du *blastoderme* d'où procéderont l'embryon et ses annexes.

Pour faciliter l'étude du développement de l'embryon, je décrirai dans des paragraphes séparés : 1° la segmentation du vitellus ; 2° le blastoderme et ses feuillets ; 3° l'apparition de l'embryon et la plaque embryonnaire ; 4° l'incurvation de l'embryon ; 5° les régions de l'embryon ; 6° les organes et les tissus issus de l'ectoderme, de l'endoderme et du mésoderme.

§ 1. — SEGMENTATION DU VITELLUS OU DU JAUNE

En décrivant l'ovule, j'ai dit qu'on divisait les œufs, d'après Balfour, en trois catégories ou types : les œufs alécithes, les œufs panlécithes et les œufs télolécithes.

lecteurs, surtout au début des études. Pourquoi ne pas faire comme tout le monde ?

3° Souvent aussi les auteurs emploient le même nom pour désigner des parties différentes ; c'est à tort.

4° Beaucoup d'auteurs mêlent, sans explications suffisantes, l'embryologie des vertébrés et des invertébrés, et ils citent à chaque pas le nom de petits animaux presque inconnus. Si le lecteur, peu attentif, ne saisit pas du premier coup, il accuse l'auteur, bien souvent à tort. Qu'il sache donc qu'un certain nombre d'organes existant dans la période embryonnaire disparaissent complètement et ne se retrouvent plus chez le fœtus. C'est ainsi que la corde dorsale, le blastopore, le canal neurentérique, le canal vitello-intestinal, le cloaque, le corps de Wolff, le canal de Wolff, le canal de Müller, la vésicule ombilicale, la vésicule allantoïde, la queue de l'embryon, les membranes pharyngienne et anale, etc., n'existent plus chez le fœtus. Il en est ainsi de plusieurs vaisseaux sanguins.

Certes je n'écris pas une embryologie devant servir de modèle et devant apprendre quoi que ce soit aux savants qui ont fait de cette science une étude approfondie. Loin de moi une semblable prétention. Mais j'ai celle de me faire comprendre et d'exposer le résultat de mes recherches avec clarté malgré les difficultés que je viens de signaler.

Nous savons qu'il est impossible d'étudier dans l'espèce humaine l'évolution de l'embryon à son début. Il faut absolument avoir recours aux oiseaux, qui sont des vertébrés comme l'homme. Or on sait que les formations embryonnaires sont les mêmes chez tous les vertébrés. Donc, l'embryon du poulet se développe comme l'embryon humain, mais un peu plus rapidement, puisqu'il ne faut que vingt et un jours pour le développement complet du fœtus du poulet, tandis qu'il en faut deux cent soixante-quinze environ pour le développement complet du fœtus humain. L'œuf de poule fécondé se développe rapidement lorsqu'il est soumis à une température de 41°, sous le ventre d'une poule ou dans une couveuse artificielle. On peut ainsi faire ces observations d'heure en heure, en les multipliant à volonté, comme je l'ai fait moi-même, et comme l'a fait avec tant de succès Mathias Duval, l'infatigable travailleur, dans son magnifique *Atlas d'embryologie*.

La segmentation n'a pas lieu exactement de la même manière dans les trois catégories d'ovules ; elle varie selon leur richesse en vitellus nutritif.

— N'oublions pas que le protoplama de l'ovule, ou *vitellus formatif*, est un réseau, un réticulum, baigné par l'hyaloplasma

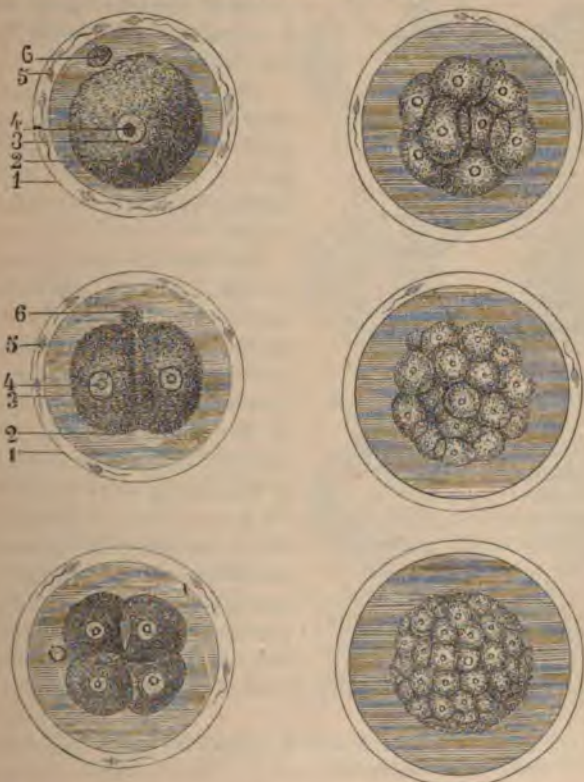


Fig. 80 à 85. — Segmentation du vitellus. Ses divers stades.

1, membrane vitelline. — 2, vitellus ou protoplasma. — 3, vésicule germinative, noyau. 4, tache germinative, nucléole. — 5, spermatozoïde. — 6, globule polaire.

comme dans toutes les cellules. Mais dans l'ovule, il se produit une matière secondaire formée de granulations et de gouttelettes graisseuses et de corpuscules albuminoïdes, matière secondaire qu'on désigne sous le nom de *lécithe* ou *vitellus nutritif*, ainsi appelé parce qu'il doit nourrir l'embryon.

Segmentation des œufs alécithes. — Les ovules alécithes, ceux

des mammifères et de l'amphioxus (1) par exemple, contiennent peu de vitellus nutritif (lécithe). Le vitellus formatif de ces ovules se segmente en totalité, donnant naissance à des cellules d'égal volume. Ces œufs sont dits *œufs à segmentation totale et égale*, (fig. 87 et 88).

Fig. 87. — (Segmentation totale et égale). Les trois premiers stades de la segmentation du vitellus (figure schématique). Le vitellus est représenté à nu, sans la membrane vitelline.

On voit dans ces figures la division du vitellus en deux masses vitellines, puis en quatre, puis en huit masses.

a indique le point de rencontre des sillons verticaux et horizontaux, point qui s'agrandira et formera le *blastocœle*.

Les œufs alécithes ont encore reçu le nom de *holoblastiques*, du grec *olos*, ὁλος seul, et *blastos*, βλαστος, germe, parce qu'ils sont formés seulement de vitellus formatif.

J'ai déjà dit que la segmentation de l'œuf de l'anphioxus ressemble à celle des œufs de mammifères. Cet œuf alécithe donne une segmentation totale et égale. Elle est des plus simples et elle se fait selon les indications des figures. Un premier sillon divise le vitellus en deux masses égales. Un autre sillon, perpendiculaire, divise en deux chacune des masses secondaires et produit quatre masses égales. Il se produit ainsi seize, trente-deux, soixante-quatre, etc., masses égales ou blastomères (voy. fig. 87, 88, 89). Il est à remarquer que tous les

(1) Il n'est pas sans intérêt de savoir ce qu'est l'Amphioxus dont le nom revient si souvent en embryologie.

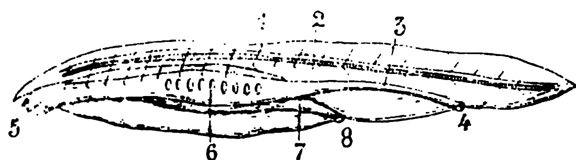


Fig. 86. — Schéma d'un amphioxus grossi trois fois).

1, corde dorsale. — 2, moelle épinière. — 3, intestin. — 4, anus. — 5, bouche. — 6, fentes péribranchiales. — 7, cavité péribranchiale. — 8, pore péribranchial.

L'amphioxus lanceolatus est un petit poisson de deux ou trois centimètres de long, vivant dans les mers tempérées; il est placé tout au bas de l'échelle

sillons passent par le centre, de l'œuf et qu'il se forme là une cavité centrale, *blastocœle* ou *cavité de segmentation*.

Segmentation des ovules panlécithes. — Les ovules panlécithes, ceux des batraciens (1) par exemple, ont une grande quantité de vitellus nutritif ou lécithe. Le vitellus formatif, dans ces œufs, est situé au voisinage du noyau, mêlé à une très petite quantité de lécithe, mais au-delà, vers le pôle opposé, la provision de lécithe est abondante. Ces œufs sont dits *œufs à segmentation totale et inégale*, parce que la *totalité* du vitellus se segmente, mais tandis que le vitellus formatif, au voisinage du noyau, donne des cellules égales et très petites, le vitellus nutritif fournit d'énormes cellules, d'où *l'inégalité* (fig. 92 et 93).

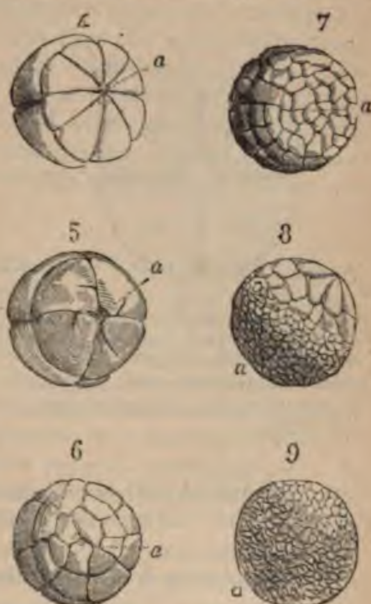


Fig. 88. — Les trois stades suivants de la segmentation du vitellus.

Fig. 89. — Les trois derniers stades de la segmentation aboutissant au corps muriforme ou *morula* 9.

Chez les Arthropodes (2) l'œuf panlécithe est appelé *centrolécithe*, parce que les granulations vitellines s'accumulent de préférence dans les blastomères qui regardent le centre de l'œuf.

L'ovule panlécithe présente son noyau en haut lorsqu'il flotte librement dans l'eau. Ce noyau

des vertébrés, tandis que les mammifères en occupent le sommet. Il constitue à lui seul le sous-embranchement *acrânien* des vertébrés. Dépourvu de squelette, son axe nerveux, non différencié en cerveau et moelle épinière, est soutenu par la corde dorsale toujours persistante. Dépourvu de crâne, cet animal offre une nageoire terminale qui s'étend en haut et en bas jusqu'au milieu de son corps. Le dessin ci-joint est un schéma de l'organisation de cet animal.

(1) *Batraciens* ou *Amphibiens*, vertébrés à peau nue, respirant par des branchies à l'état larvaire, et par des poumons à l'état adulte. (Grenouilles, crapauds, etc.).

(2) Les *Arthropodes*, embranchement des cœlomates, ont un cœlome et un corps formé d'une série d'anneaux, et recouvert d'une épaisse cuticule sécrétée par l'ectoderme, comme les *écrevisses*, par exemple.

est entouré de vitellus formatif et correspond à ce qu'on appelle le *pôle supérieur* de l'œuf. Ce pôle est noir, tandis que le pôle inférieur, correspondant au vitellus nutritif, est blanc. Le vitellus nutritif est d'autant plus abondant qu'on se rapproche davantage du pôle supérieur. Le type des œufs panlécithes est l'œuf des batraciens.

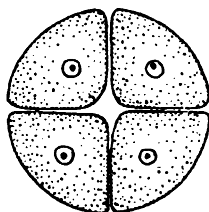


Fig. 90. — Segmentation de l'œuf alécithe (amphioxus), stade de quatre segments. Cette figure et la suivante montrent que les sillons de segmentation passent par le centre du vitellus.

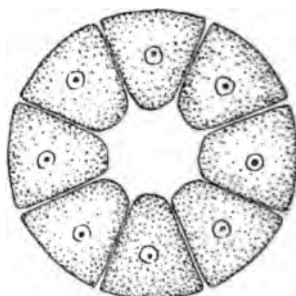


Fig. 91. — Segmentation et blastule de l'œuf alécithe d'amphioxus. Les cellules égales commencent à être refoulées vers les parois de l'œuf. Formation du blastocœle.

La segmentation de l'œuf panlécithe commence par deux sillons verticaux qui se croisent perpendiculairement et qui divisent la masse vitelline totale en quatre quartiers, comme une pomme

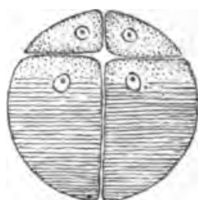


Fig. 92. — Segmentation d'un œuf de batracien, à segmentation totale et inégale, type d'œuf panlécithe (amphiblastula). Stade de huit segments inégaux dont les quatre supérieurs sont plus petits. Sur la coupe verticale on n'en aperçoit que quatre.

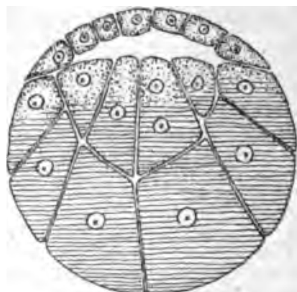


Fig. 93. — Suite de la segmentation de la figure précédente. Stade de la blastula (amphiblastula) avec cavité de segmentation excentrique et aplatie.

qu'on aurait partagée en quatre parties avec un couteau. Puis il se produit un sillon horizontal qui divise les quatre quartiers en un point voisin du pôle supérieur, de sorte que chaque quartier est divisé en deux parties, une supérieure petite et une inférieure plus grande. L'œuf est alors divisé en huit segments, quatre supérieur petits et quatre supérieurs très gros. La segmentation une fois commencée, se continue dans toute l'étendue du vitellus, mais elle est beaucoup plus rapide au pôle supérieur, dans le vitellus formatif, à tel point qu'il peut y avoir déjà seize ou trente-deux segments, ou masses vitellines, formées aux dépens du vitellus formatif, pendant que le vitellus nutritif n'en possède encore que quatre (fig. 92 et 93).

Segmentation des ovules télolécithes. — Les ovules télolécithes, comme ceux des oiseaux et des reptiles, ont les deux vitellus nettement séparés. Le formatif, vrai protoplasma de l'ovule, entoure le noyau et forme avec lui la *cicatricule* ou *germe*, tandis que le nutritif (lécithe) forme le *jaune* de l'œuf. Ces ovules sont des *œufs à segmentation partielle*, parce que le jaune ne se segmente pas et que la segmentation ne se produit que dans la cicatricule.

Les œufs télolécithes sont encore appelés *méroblastiques*, de *méros*, μερος, partiel, *blastos*, βλαστος, germe, mot qui signifie segmentation partielle.

La segmentation du vitellus dans les œufs télolécithes est partielle puisqu'elle se produit uniquement dans la cicatricule et que le jaune, ou vitellus nutritif, ne participe pas à la segmentation. Cette cicatricule, qui contient le noyau de l'œuf, a la forme d'une très petite lentille, occupant toujours la partie supérieure, c'est-à-dire le sommet du jaune. Le *vitellus formatif*, situé, comme je l'ai déjà dit, au-dessus du jaune, se divise en quatre segments par deux sillons verticaux qui se croisent perpendiculairement. Ces quatre segments sont ensuite partagés en huit par un sillon horizontal.

La division dichotomique se continue ainsi, et il se forme seize, trente-deux, soixante-quatre, cent vingt-huit blastomères, etc., etc. Comme le vitellus nutritif, ou jaune, ne se segmente pas, il en résulte que les cellules segmentées formeront une plaque à la surface du jaune.

Les *modes de segmentation* sont très divers chez les animaux. Les types que je viens d'indiquer doivent être considérés comme points de repère ; mais il faut bien penser qu'ils sont reliés les uns aux autres par de nombreux intermédiaires. On peut dire, en règle générale, que le mode de segmentation dépend absolument de la quantité et de la situation du vitellus nutritif.

Segmentation de l'œuf des mammifères. — Quoique l'œuf des mammifères soit un œuf alécithe comme celui de l'amphioxus et qu'il se ressemblent par le volume, par l'aspect, il faut reconnaître qu'il en diffère un peu par son mode de segmentation.



Le vitellus se divise d'abord en deux segments superposés l'un supérieur plus petit, l'autre inférieur plus gros et plus granuleux. Du premier naîtra l'ectoderme, du second l'endoderme. La segmentation est plus rapide dans le segment supérieur, qui peut être déjà divisé en quatre ou huit cellules alors que l'inférieur est encore intact. Je reviendrai sur ce sujet un peu plus loin à l'occasion de la blastula et de la gastrula.

Si l'on porte ses regards sur la figure 94, segmentation de l'ovule de la chauve-souris, on voit que la blastule D s'est formée par un procédé un peu différent. Ainsi en B les cellules superficielles se modifient de façon à former un ectoderme, qui se perfectionne en C et beaucoup plus en D.

On voit que, dans ce procédé de segmentation, l'ectoderme et l'endoderme se forment d'une manière différente. Les cellules

Fig. 94. — Segmentation de l'œuf chez la chauve souris, d'après Mathias Duval.

A, les quatre premières cellules filles. — 1, deux d'entre elles montrent le mouvement de karyokinèse du noyau. — 2, deux autres cellules encore arrondies. Elles sont indifférentes et non différenciées comme toutes les cellules embryonnaires.

B, seize cellules filles. — 1 et 2, les cellules superficielles commencent à former une paroi de blastule, ectoderme. — 3 cellules centrales encore arrondies formant l'endoderme.

C, même figure plus accentuée.

D, la blastule est ici complètement formée, un peu irrégulière. — 1, cellules de la paroi, ectoderme. — 2, cellules refoulées vers la périphérie avec noyaux présentant le mouvement de karyokinèse.

que l'on aperçoit à l'intérieur de la figure D viendront s'appliquer à la face interne de l'ectoderme pour le doubler. On peut suivre dans les diverses portions de cette figure la formation insensible de l'ectoderme.

Phénomènes consécutifs à la segmentation.

Que l'œuf soit alécithe, panlécithe ou télolécithe, la segmentation aboutit toujours à la formation d'un blastoderme, ou mieux, à deux formes du blastoderme qui sont la blastula et la gastrula.

La division du vitellus se continue régulièrement, mathématiquement, suivant un mode dichotomique, jusqu'à ce que le vitellus se trouve transformé en une masse de petits corpuscules connus sous le nom de *masses vitellines*, *cellules vitellines*, ou mieux *blastomères*, qui sont de véritables cellules embryonnaires formées d'une petite portion de protoplasma contenant un noyau. C'est en 1843 que Kölliker leur a reconnu le caractère de jeunes cellules.

Morula. — La masse de cellules, ou blastomères, résultant de la segmentation du vitellus était connue autrefois sous le nom de *corps muriforme*. On l'appelle aujourd'hui, *morula* ou *morule* (fig. 95).



Fig. 95. — Formation de la cavité de segmentation (blastocœle) et refoulement excentrique des blastomères dans la morula.



Fig. 96. — La cavité de segmentation augmente. La morula est prête à se transformer en blastula.

Blastula. — Dès que la morula est formée il se développe à son centre une cavité qui augmentera graduellement par suite du refoulement des blastomères vers les parois de l'œuf. La cavité prend le nom de *blastocœle*, la paroi est le *blastoderme* recouvert par la membrane vitelline. L'ensemble est une vésicule creuse sphérique, ou ovalaire, qui prend le nom de *blastula* ou *blastule*. La blastula est donc simplement une phase embryonnaire.

On reconnait deux types de blastules ; les ***blastules simples*** dans lesquelles la paroi, ou blastoderme, est formée d'une seule couche cellules, et les ***blastules stratifiées***, assez rares, formées par plusieurs couches de cellules, ou blastomères. On rencontre les blastules stratifiées chez les grenouilles et chez un grand nombre d'Amphibiens.

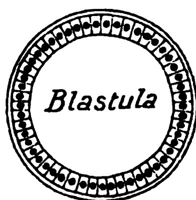


Fig. 97. — Coupe d'une blastula parfaite.

Planule. — La morule ne se transforme pas toujours en blastule. L'évolution se fait parfois par un autre procédé. Dans ce cas, il ne se forme pas de blastocœle, et pas de blastule par conséquent ; la morule reste compacte et les feuillets du blastoderme se délimitent sur place, c'est la *planule*. En résumé les feuillets blastodermiques primordiaux se forment suivant deux modes principaux : le *mode blastulaire* et le *mode planulaire*.

Règle générale : plus un œuf est riche en vitellus nutritif, plus le mode planulaire est fréquent. Les œufs alécithes, qui sont pauvres en vitellus nutritif, ont tous des blastules ; les œufs télolécithes ont des planules. Entre les deux modes il existe naturellement des modes de transition, des modes intermédiaires.

Transformation de la blastule. — L'embryon, à l'état de blastule, se comporte de deux manières pour arriver à un degré plus avancé de son évolution, à la *gastrula*.

Metchnikoff a montré que si la blastula de la plupart des animaux se transforme en *gastrula*, il est d'autres animaux, comme les *Spongiaires* et les *Hydrozoaires* (1), chez lesquels la blastule évolue selon le *procédé endocytulaire* que je vais expliquer.

Dans ce procédé, le blastoderme fournit, par sa surface interne, un certain nombre de cellules qui s'étalent en dedans du blastoderme à l'état de *couche épithéliale* ou qui se répandent dans le blastocœle sous forme de *cellules mésenchymateuses* anastomosées par leurs prolongements et séparées par une substance amorphe intermédiaire exsudée par ces mêmes cellules mésenchymateuses. (voy. *Mésenchyme*, fig. 159).

(1) Les spongiaires et les hydrozoaires sont des cœlentérés, c'est-à-dire que leur blastoderme, à deux feuillets, est dépourvu de mésoderme. Les *spongiaires*, premier embranchement des cœlentérés, ont un corps percé de nombreux canaux étendus de la cavité digestive à la surface du corps. Ils bourgeonnent de manière à donner naissance à des individus qui forment une colonie. Les *hydrozoaires* sont des cœlentérés dépourvus de tube œsophagien descendant dans la cavité digestive. Ils vivent fixés (polypes) ou libres (méduses).

Les cellules mésenchymateuses finissent par remplir le blastocœle de manière à convertir la blastule en une sorte de planule qu'on peut appeler *blastoplanule*. Les cellules qui se détachent du blastoderme pour former le mésenchyme sont les *endocytes* ou *phagocytes* de Metchnikoff.

A ce moment la paroi blastodermique primitive qui a engendré les phagocytes constitue le *protectoderme*, et l'ensemble des phagocytes, ou mésenchyme intérieur, est le *protendoderme*.

Le protectoderme s'accroît par multiplication de ces cellules en conservant sa forme, mais le protendoderme se comporte comme la morula qui va former la blastule. Les cellules se portent sur la face interne du protectoderme pendant que se forme une cavité intérieure. Il en résulte une vésicule close dont la paroi est formée par le blastoderme à deux couches, le protectoderme et le protendoderme. La cavité prend le nom d'*entéron*, expression d'autant plus juste qu'il se forme une ouverture, ou *blastopore*, par la destruction des cellules de la paroi en un point indéterminé. Cette ouverture devient souvent la bouche.

Lorsque les cellules développées à la face interne du blastoderme forment une *couche épithéliale*, les auteurs désignent ce mode de formation par le nom de *procédé par délamination*. On l'a observé sur les *Trachyméduses*, qui constituent un groupe d'hydrozoaires. La couche épithéliale interne, protendoderme, formée par la prolifération de la couche épithéliale externe qui forme le protectoderme, limite un *entéron* qui s'ouvre à l'extérieur par un *blastopore*, exactement comme dans le cas précédent.

Gastrula. — La gastrula, ou gastrule, qui succède à la blastula, est une forme embryonnaire pourvue des deux feuillets blastodermiques primitifs emboîtés l'un dans l'autre et provenant tous deux directement du blastoderme d'une blastule.

Les transformations qui s'opèrent dans l'ovule sont extrêmement rapides et très nombreuses, même dans les premières heures qui suivent la fécondation. Est-il utile de rappeler que la multiplication cellulaire a lieu par le procédé de la karyokinèse dont j'ai parlé en décrivant la cellule en général ? On comprend que la blastula et la gastrula doivent différer un peu quant à leur forme et à leur évolution.

1° *Œufs alécithes.* — Lorsque la segmentation est régulière comme dans l'œuf de l'amphioxus, voici ce qu'on observe :

Pendant que l'œuf augmente de volume par la prolifération cellulaire, on voit la surface de la blastula de l'amphioxus se déprimer sur un point. Cette dépression augmente peu à peu jusqu'à ce qu'il y ait une véritable invagination de la paroi. Autre-

ment dit, l'une des moitiés de la blastula vient s'appliquer sur

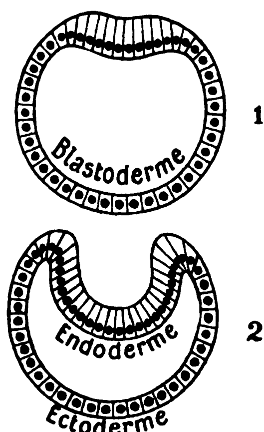


Fig. 98. — Gastrulation. Blastoderme, forme de blastula. L'un des hémisphères commence à s'invaginer dans l'autre; commencement de la gastrula. Les cellules du feuillet qui s'invagine pour former l'endoderme présentent déjà une certaine différenciation.

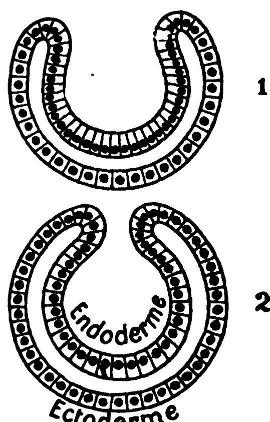


Fig. 99. — Gastrula.

1, Gastrula au moment où le feuillet invaginé vient au contact du feuillet externe ou ectoderme. — 2, phase plus avancée. L'ectoderme est tapissé à l'intérieur par l'endoderme. On y voit le blastopore et l'archenteron ou intestin primitif. Le blastocœle situé entre l'ectoderme et l'endoderme est en train de disparaître.

l'autre moitié de manière à former une nouvelle vésicule, dont l'ouverture, très large d'abord, se rétrécit ensuite jusqu'à former un très petit orifice (fig. 99 et 100).

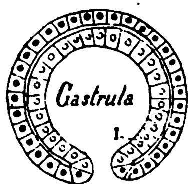


Fig. 100. — Gastrula complète, le blastocœle est effacé. On y voit l'endoderme 1 avec ses cellules allongées doublant l'ectoderme. La cavité, futur intestin, fait suite au blastopore.

Cette nouvelle forme de la vésicule blastodermique constitue la *gastrula* (1) et l'acte par lequel se forme la gastrula a reçu le nom de *gastrulation*. L'orifice dont je viens de parler, résultant de l'invagination de la paroi blastuléenne, est le *blastopore* ou *anus de Rusconi*.

Au niveau du blastopore, les deux feuillets de la gastrula, intérieur et extérieur, sont continus. L'extérieur deviendra l'ectoderme, l'intérieur l'endoderme. La cavité, dont l'ouverture est le *blastopore*, s'appelle *archenteron* ou *enteron* (fig. 100).

(1) De *gaster*, γαστήρ, estomac, ventre, car la cavité de la gastrula deviendra plus tard l'estomac et l'intestin.

La blastula et la gastrula des œufs alécithes représentant un type simple, un type primitif, on leur a donné le nom d'*archiblastula* et *archigastrula* (de *arcos* ἀρχος premier.)

2° *Œufs panlécithes.* — La blastula des ovules panlécithes est, comme les autres blastula, une cavité à paroi simple dont la forme est déterminée par la saillie du vitellus nutritif (fig. 101).



Fig. 101. — Schéma de la gastrulation d'un œuf panlécithe (grenouille), transformation de l'amphiblastula en amphigastrula.

1, cavité de segmentation se réduisant de plus en plus par suite du développement de la gastrula sous-jacente.
2, la gastrula commence par une fente qui s'insinue entre l'endoderme et le vitellus.



Fig. 102. — Schéma de la gastrulation d'un œuf panlécithe (grenouille), transformation de l'amphiblastula en amphigastrula. Stade plus avancé.

1, cavité de segmentation encore plus réduite. — 2, cavité de la gastrula plus développée.

Pour qu'elle se transforme en gastrula, il faut qu'à sa paroi inférieure son feuillet inférieur se sépare du vitellus nutritif par une fente qui, augmentant insensiblement, la soulèvera entièrement pour former la cavité de la gastrula. En même temps, le feuillet



Fig. 103. — Coupe longitudinale de la gastrula d'un sélacien (1), d'après Rueckert.

profond, endoderme, sera appliqué contre le feuillet superficiel, et la cavité de segmentation ou blastocœle, sera effacée. On donne à cette gastrula le nom d'amphigastrula.

(1) Les Sélaciens sont des poissons cartilagineux, comme la raie, les roussettes, etc.

Œufs télolécithes. — Dans les œufs télolécithes, les blastomères, au lieu de produire une morula comme dans les œufs alécithes, forment une plaque appliquée à la surface du jaune. Cette plaque, aussitôt formée, se sépare en deux feuillets entre lesquels se développe une cavité de segmentation ou *blastocœle,* de forme spéciale. La cavité de segmentation augmente à mesure que les cellules sont refoulées à la périphérie et elle finit par former une blastula qui ne peut être sphérique comme dans l'œuf des mammifères et qui prend une forme aplatie, discoïde, appliquée à la surface du jaune à la manière d'une calotte. Cette blastula, de forme spéciale, intermédiaire aux deux autres, a reçu le nom de *discoblastula*.



Fig. 104. — Ovule d'oiseau fécondé, avec sa cicatricule de vitellus formatif, son noyau et sa volumineuse vésicule vitelline formée de deutolécithe (d'après Roule).

La blastula, pour former la gastrula, ne s'invagine pas dans elle-même comme cela a lieu chez l'amphioxus et ne forme pas un vésicule blastodermique à deux feuillets. Elle a une forme aplatie et elle va former elle-même la gastrula qui se complète par l'enveloppement du jaune. En attendant, les bords de la plaque s'étendent par suite de la prolifération cellulaire et finissent par entourer le vitellus. Le feuillet externe s'étend rapidement à la surface du jaune de manière à l'englober ; le feuillet interne, en retard sur l'autre, s'étend éga-



Fig. 105. — Segmentation presque achevée, activée surtout près de la cicatricule, fournissant une enveloppe à la masse vitelline ; les trois feuillets sont déjà indiqués, et l'enveloppe vitelline n'est pas encore complète (d'après Roule).



Fig. 106. — La segmentation terminée. L'enveloppe de la masse vitelline est constituée par les trois feuillets. L'embryon déjà ébauché contient l'*enteron* ou *archentéron* qui deviendra la cavité digestive (d'après Roule).

lement et double le feuillet externe. Il résulte de ce mouvement une cavité discoïde, complétée par l'enveloppement du jaune, d'où le nom de *discogastrula*.



Fig. 107. — Stade plus avancé. Coupe médiane schématique de l'embryon issu d'un ovule télolécithe (oiseaux) d'après Roule.

On voit la parfaite continuité de l'endoderme et de l'ectoderme sur le deutolécithe, ou vitellus nutritif, déjà réduit. Le cœlome se forme dans le mésoderme dont on voit les cellules mésenchymateuses.

Tandis que la gastrula de l'amphioxus se fait par invagination ou *embolie*, celle des oiseaux a lieu par *épibolie* (fig. 105 et 106).

Remarquons, avant de quitter ce sujet, que, dans les trois catégories d'œufs, la cavité de la blastula disparaît, et que ses deux feuillets s'appliquent l'un contre l'autre, par des procédés un peu différents, pour former la gastrula. Mais dans les gastrulas des trois catégories d'œufs il y a toujours un feuillet extérieur, ou *ectoderme*, qui formera le feuillet externe du bastoderme, et un feuillet intérieur ou *endoderme*, qui sera le feuillet interne du blastoderme.



Fig. 108. — Gastrula d'un œu alécithe transformée en embryon (amphioxus) d'après Mathias Duval.

L'orifice anal est l'ancien blastopore ; l'orifice opposé sera la bouche. — 1, 1, ectoderme. — 2, 2, endoderme limitant la cavité intestinale. Les organes de l'embryon se développent à la partie supérieure de la gastrula.

La figure 107 indique la transformation de la gastrula en embryon. Il faut savoir que les ouvertures des larves embryonnaires se modifient, se transforment et disparaissent souvent pour reparaître ensuite. Ainsi les ouvertures de cette gastrula ne se retrouvent pas plus tard sur l'embryon.

Blastula et gastrula des mammifères. — Nous avons vu plus haut que les deux segments superposés du vitellus des mammifères ne se multipliaient pas avec la même rapidité. Entre les cellules ectodermiques du segment supérieur et les cellules endodermiques du segment inférieur, il se forme une cavité de segmentation analogue à celle des œufs panlécithes et des œufs télolécithes. Cette cavité donnera naissance à une blastula qui a reçu le nom de *métablastula*.

Les cellules ectodermiques du segment supérieur s'étendent vers les cellules du segment inférieur de manière à les envelopper complètement, de sorte qu'il se forme une espèce d'épibolie de l'ectoderme. Il en résulte une sorte de vésicule comprenant deux feuillets, à laquelle on donne le nom de *métagastrula*.

Au moment où apparaît la première ébauche de l'embryon, la gastrula se divise en deux parties inégales par un étranglement, l'une supérieure, petite, qui formera l'embryon, l'autre inférieure, plus grande, qui donnera la vésicule ombilicale.

§ 2. — LE BLASTODERME ET SES FEUILLETS

On appelle blastoderme, ou vésicule blastodermique, la paroi de l'ovule, recouverte par la membrane vitelline, après la segmentation du vitellus. Le blastoderme passe par deux phases ou états successifs, la phase de la blastula et celle de la gastrula.



Fig. 109. — Résultat de la segmentation. Blastoderme à l'état de blastula. — Cette figure peut être donnée indifféremment comme blastoderme et comme blastula, puisque la paroi de la blastula est le blastoderme.

1, membrane vitelline. — 2, cellules embryonnaires ou cellules blastodermiques, tassées sur la face interne de la paroi. — 3, cavité de la blastula (blastocœle).

La *blastula* est l'état du blastoderme au moment où il a la forme d'une simple vésicule. Les blastomères, ou premières cellules embryonnaires, formant la *morula*, se sont portées vers la périphérie de l'œuf, la cavité de segmentation ou *blastocœle* s'est produite. Les cellules se tassent les unes contre les autres, se pressent réciproquement de manière à présenter des facettes. La blastula se modifie rapidement pour former la *gastrula*.

J'appelle spécialement l'attention sur le point suivant. Deux feuillets, formés uniquement de cellules, constituent la gastrula, autrement dit la paroi blastodermique. Le feuillet extérieur, le protectoderme,

prend le nom d'*ectoderme* (1), qu'il conservera indéfiniment, et nous verrons comment l'épiderme, les glandes de la peau, le système nerveux et la partie essentielle des organes des sens, etc., naîtront de ce même ectoderme. Le feuillet intérieur, le protendoderme, devient l'*endoderme* ou *entoderme* (2) et la cavité qu'il limite, et dont l'ouverture est le *blastopore*, constitue l'*entéron* (3). Cette cavité deviendra plus tard la cavité intestinale, et l'épithélium de l'intestin et des glandes grandes et petites qui y sont annexées sera formé par l'endoderme. Quant au blastopore il deviendra l'anus.

Blastoderme monodermique et didermique. — Lorsque le blastoderme est à l'état de blastula, il n'a généralement qu'un seul feuillet et on le nomme blastoderme *monodermique*. A l'état de gastrula, étant formé de deux feuillets, il prend le nom de blastoderme *didermique*.

Le blastoderme *tridermique* a trois feuillets, mais comme le feuillet intermédiaire, ou *mésoderme* (4), provient de l'endoderme, il nous importe peu en ce moment. Laissons de côté les deux formes du blastoderme, la blastula et la gastrula, pour nous occuper de la paroi du blastoderme en elle-même.

Nous avons vu qu'il est formé de deux couches de cellules. La couche externe est l'*ectoderme* ou *feuillet externe du blastoderme* (5) ; la couche interne formera l'*endoderme* ou *feuillet interne du blastoderme* (6). N'oublions pas ces termes.

Les feuillets que je viens de décrire sont des épithéliums types. Les cellules, formant un revêtement non interrompu, sont soudées entre elles par un *ciment* intercellulaire.

Le *feuillet externe*, je l'ai déjà dit, formera l'épiderme, les glandes de la peau, le système nerveux de l'embryon avec les parties essentielles des organes des sens, les muqueuses buccale,

(1) De *ectos*, εκτος, en dehors, et *derma*, δερμα membrane = membrane extérieure ou feuillet externe.

(2) De *endon* ενδον, en dedans, et *derma*, δερμα membrane = membrane intérieure ou feuillet interne. On dit aussi *entoderme*, de *entos*, εντος, en dedans.

(3) Synonymes : *intestin primitif*, *archenteron*.

(4) De *mesos*, μεσος, milieu, et *derma*, δερμα, membrane = membrane du milieu, moyen, ou feuillet intermédiaire.

(5) Synonymes : *épiblaste*, *feuillet germinatif primaire externe*, *feuillet séreux*, *feuillet animal*.

(6) Synonymes : *endoblaste*, *feuillet germinatif primaire interne*, *feuillet muqueux* , *feuillet viscéral*.

nasale et lacrymale, la conjonctive. Le *feuillet interne*, l'*endoderme*, donnera naissance à l'épithélium du tube intestinal et aux glandes qui y sont annexées. Très rapidement, le *mésoderme* se développera aux dépens de l'endoderme et formera un troisième feuillet, appelé souvent *feuillet moyen* du blastoderme. A ce moment le blastoderme devient *tridermique*, après avoir été d'abord *monodermique*, puis *didermique* (voy. plus loin le *mésoderme* ou *feuillet moyen* du blastoderme).

Les cellules des *trois feuillets du blastoderme* sont à peu près semblables, cellules arrondies avec un gros noyau, *cellules indifférentes*. Comme ces cellules se multiplient rapidement par karyokinèse on en trouve souvent à deux noyaux. Cependant les cellules de l'endoderme prennent une forme allongée (fig. 98) ; elles sont perpendiculaires à la surface du blastoderme et elles rappellent par leur forme les cellules d'épithélium cylindrique.

Le futur être est donc uniquement composé de cellules. Nous pouvons comparer ces cellules à des ouvriers qui vont se partager le travail d'édification de l'embryon et de ses annexes. Ces ouvriers sont déjà divisés en trois groupes : les ouvriers de la première heure, c'est-à-dire ceux de l'ectoderme et de l'endoderme, puis un dernier groupe qui s'est détaché de ceux de l'endoderme pour constituer le mésoderme.

Voyons-les à l'œuvre.

Ectoderme et endoderme. — Les trois feuillets du blastoderme, l'ectoderme et l'endoderme surtout, ne peuvent être étudiés avec fruit qu'avec les modifications du corps de l'embryon, lorsque la plaque embryonnaire s'incurve. Par suite de cette incurvation, l'endoderme et l'ectoderme qui représentaient des vésicules superposées, emboitées, vont se diviser en deux portions : la portion embryonnaire, qui concourra à la formation de l'embryon, et la portion extra-embryonnaire qui participera à celle des annexes.

Mésoderme. — (Voy. sa description plus loin.)

Tels sont les premiers jalons pour procéder à l'étude du développement de l'embryon. Voyons quels sont les changements qui s'opèrent dans les trois feuillets du blastoderme pour constituer le nouvel être. Il ne faut pas oublier que la multiplication ainsi que la différenciation des cellules sont extrêmement rapides. Pour donner une idée de cette prodigieuse prolifération, je dirai qu'un embryon de poulet de trois jours possède déjà une moelle épinière, un cerveau, un cœur, des vaisseaux artériels et veineux, et une circulation sanguine.

§ 3. — EMBRYON

Peu d'heures après le début de l'incubation, six à huit heures, on voit se dessiner dans la paroi de la vésicule blastodermique une ombre, une tache due à un épaississement de cette même paroi. C'est la *tache embryonnaire*, c'est le premier rudiment, l'ébauche de l'embryon. C'est de cette ombre que sortira l'embryon.

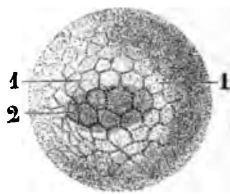


Fig. 110. — Tache embryonnaire, après quelques heures d'incubation,

1, cellules de l'ectoderme vues par leur surface externe. — 2, tache embryonnaire due à la multiplication cellulaire.

Plaque embryonnaire. — La tache embryonnaire, en s'épaississant et en s'étendant, prend le nom de *plaque embryonnaire*. Elle a la forme d'un écusson, d'une petite nacelle, ou bien d'une valve de coquillage dont la concavité regarde le centre de l'œuf. La face concave prend le nom de *face ventrale* de l'embryon, la face convexe celui de *face dorsale;* l'extrémité la plus grande deviendra l'*extrémité céphalique* de l'embryon et l'autre l'*extrémité caudale*. Quant aux bords, ou *flancs* de l'embryon, il se continuent, de même que les extrémités, sans ligne de démarcation, avec les parois de la vésicule blastodermique.

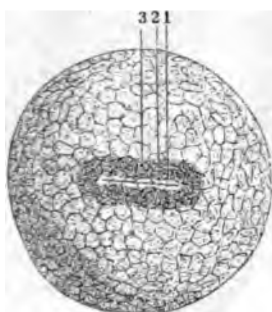


Fig. 111. — Tache embryonnaire vue sur la face externe du blastoderme (schéma). Les cellules, aplaties, sont juxtaposées. On voit la tache embryonnaire, première apparence de l'embryon.

1, ligne primitive. — 2, aire transparente. — 3, aire opaque.

Je décrirai l'embryon couché sur l'œuf, l'extrémité céphalique en avant, la face ventrale en bas.

Je ne me lasserai pas de répéter que les transformations se font avec une rapidité vertigineuse dans l'embryon, qui se modifie complètement d'heure en heure. Il se produit même des organes transitoires qui disparaissent rapidement et n'ont qu'une existence éphémère. Il est curieux de constater que jusqu'au sixième jour tous les embryons sont identiques. Ce n'est qu'après le sixième jour qu'on peut distinguer l'embryon d'un oiseau de celui d'un mammifère.

Après huit à dix heures d'incubation. — On remarque dans la plaque embryonnaire une partie centrale, circulaire et claire, c'est

la *zone* ou *aire transparente*, et une partie périphérique, moins claire, entourant l'aire transparente, *zone* ou *aire opaque* (1).

Après treize heures d'incubation. — Vers la treizième heure, on voit se dessiner une ligne sombre et étroite dans les deux tiers postérieurs du grand axe de l'aire transparente, exactement sur la ligne médiane. Cette ligne est due à un épaississement du blastoderme résultant de la multipli-



Fig. 112. — Embryon de poulet, vu par sa face dorsale après douze heures d'incubation.

Au centre on voit la ligne primitive, autour d'elle l'aire transparente entourée par une portion de l'aire opaque.

cation cellulaire. On lui donne le nom de *ligne primitive*.

Aussitôt formée, la ligne primitive se creuse d'un sillon dans toute sa longueur, c'est le *sillon primitif* (2), dépression linéaire de l'ectoderme.

Après dix-sept heures d'incubation. — On voit se former une autre ligne opaque, toujours sur le grand axe, indépendante de la ligne pri-

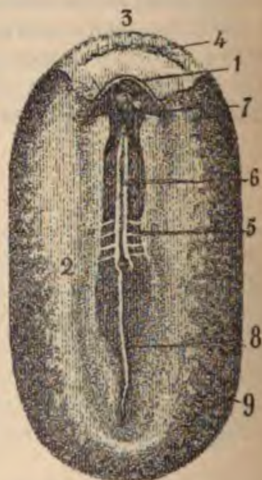


Fig. 113. — Plaque embryonnaire et portion de blastoderme environnant. Embryon de poulet à la vingt-troisième heure de l'incubation, grossi 15 fois (d'après Mathias Duval).

1, extrémité céphalique et commencement d'inflexion du repli céphalique. — 2, aire transparente. — 3, 4, contour de la coupe blastodermique. — 5, prévertèbres différenciées dans le mésoderme (il y en a déjà quatre). — 6, corde dorsale. — 7, bords de la gouttière médullaire — 8, ligne primitive. — 9, aire vasculaire avec son aspect marbré.

mitive, mais semblant la prolonger en avant. Cette ligne qui s'étend jusqu'à l'extrémité céphalique de la plaque embryonnaire, se creuse rapidement d'un sillon, *sillon médullaire* (3),

(1) L'aire opaque deviendra un peu plus tard l'*area vasculosa* par suite du développement des vaisseaux.

(2) Le *sillon primitif* ne participe nullement à la formation de l'embryon. Il indique la direction que prendra le nouvel être, rien de plus. Nous en retrouverons des vestiges plus tard, dans l'extrémité caudale de l'embryon.

(3) Synonymes : *gouttière médullaire, gouttière neurale, sillon neural.*

indice de la moelle épinière, premier organe de l'embryon.

Le sillon médullaire s'étend vers l'extrémité caudale de l'embryon (1) et remplace le sillon primitif qui disparaît au fur et à mesure (fig. 110 et 113).

Les *bords* (2) ou lèvres du sillon médullaire, (gouttière médullaire) se portent rapidement l'un vers l'autre, en s'épaississant par suite de la multiplication des cellules; ils se réunissent et se fusionnent de manière à convertir le sillon médullaire en canal, *canal médullaire* ou *canal neural*, qui deviendra plus tard le canal de l'épendyme.

Dès que le canal médullaire est formé, sa paroi se sépare de l'ectoderme. Tandis que le canal médullaire donnera naissance à la partie essentielle des organes des sens, l'ectoderme donnera l'épiderme, le cristallin, les bourgeons du goût, l'épithélium olfactif et l'épithélium acoustique.

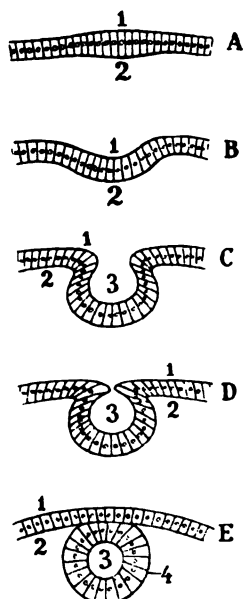


Fig. 114. — Modifications de l'ectoderme. Développement du canal neural ou médullaire. Coupe transversale.

A. épaississement de l'ectoderme. — B, formation de la gouttière neurale. — C. la gouttière est formée. — 1, lames ou crêtes médullaires. — 3, gouttière neurale. — D, les lames ou crêtes médullaires se rapprochent pour se souder. — E. la soudure a eu lieu et le canal neural, 3, complètement formé, se sépare de l'ectoderme 1, 2.

— Je vais décrire maintenant les modifications qui se produisent dans les divers feuillets par le travail des cellules ouvrières dont j'ai parlé précédemment.

Les phénomènes auxquels nous assistons se produisent dans une très petite étendue, car il ne faut pas oublier que l'œuf est encore extrêmement petit.

1° *Feuillet externe du blastoderme ou ectoderme.* — L'ectoderme possède deux couches ou assises de cellules ; la plus superficielle, ou *téloderme*, formera le plan extérieur des couches épidermiques; les cellules de la couche profonde ou *ectoderme*

(1) Le *sillon médullaire* part de l'extrémité céphalique et se dirige en arrière, en comprenant le sillon primitif entre ses deux bords.

(2) Synonymes : *crêtes médullaires*, *replis médullaires*, *lames médullaires*.

proprement dit, se différencieront pour former l'épiderme d'une part et le système nerveux d'autre part.



Fig. 115. — Coupe transversale d'un embryon de poulet après vingt-quatre heures d'incubation, pratiquée au milieu de l'embryon sur la ligne primitive et sur l'aire transparente.

a, ectoderme. — *a'*, sillon médullaire. — *b*, mésoderme. — *c*, endoderme.

Si on examine une coupe transversale de la plaque embryonnaire, on remarquera que les cellules de l'ectoderme et de l'endoderme se sont modifiées, celles de l'ectoderme deviennent légèrement prismatiques; celles de l'endoderme sont arrondies et plus volumineuses que les premières.



Fig. 116. — Embryon du poulet vu également du côté de la face externe, vingt-quatre heures après l'incubation.

On y voit toujours la ligne primitive D, l'aire transparente C, et en plus le sillon médullaire, le repli céphalique et l'ébauche d'un prévertèbre. — A, repli céphalique formé par l'incurvation en avant de l'extrémité céphalique de l'embryon. — A'. contour de ce repli. — B, sillon médullaire se prolongeant vers la ligne primitive.

Vers la limite de l'aire opaque on constate un épaississement de l'endoderme, dit *épaississement germinatif* (fig. 117), formé par des cellules sphériques plus volumineuses que celles des parties centrales.



Fig. 117. — Coupe transversale d'un embryon de poulet après vingt-quatre heures d'incubation montrant les trois feuillets et les lames médullaires.

a, *a*, sillon médullaire. — *a'*, lame médullaire largement ouverte. — *b*, *b*, endoderme. — *c*, mésoderme. — *d*, *d*, bourrelet indiquant la limite de l'aire transparente et de l'aire opaque ou épaississement germinatif.

Après vingt-quatre heures d'incubation. — On constate que le mésoderme a pris naissance aux dépens de l'endoderme, et on

aperçoit déjà les rudiments des prévertèbres qui se forment aux



Fig. 118. — Coupe transversale d'un embryon à la 20e heure de l'incubation. Formation de la gouttière médullaire et de la corde dorsale.

1, gouttière médullaire avec les deux lames médullaires. — 2, corde dorsale formée par l'endoderme au-dessous de la gouttière médullaire. On distingue bien l'ectoderme, l'endoderme, le vitellus et les prévertèbres se continuant avec le mésoderme

dépens du feuillet moyen ou mésoderme (voy. *Prévertèbres*) L'extrémité céphalique se dessine déjà.



Fig. 119. — Plaque embryonnaire et portion de blastoderme environnant. Embryon de poulet à la vingt-cinquième heure de l'incubation, grossi 13 fois (d'après Mathias Duval).

1, six prévertèbres et aire transparente. — 2, area vasculosa. — 3, vésicule cérébrale antérieure. On y voit encore la gouttière neurale et la ligne primitive.

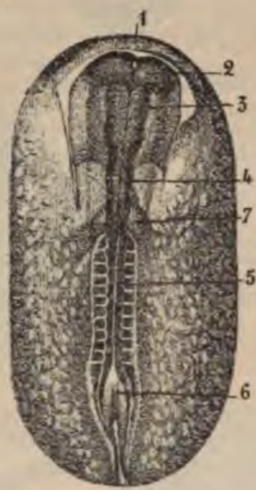


Fig. 120. — Plaque embryonnaire et portion de blastoderme. Embryon de poulet à la vingt-neuvième heure de l'incubation, grossi 15 fois (d'après Mathias Duval).

1, contour de la coupe. — 2, vésicule cérébrale antérieure. — 3, vésicule cérébrale moyenne. — 4, vésicule cérébrale postérieure. — 5, prévertèbres différenciées dans le mésoderme. — 6, partie postérieure de la gouttière médullaire non encore fermée et ligne primitive au-dessous. — 7, veine omphalo-mésentérique.

Après deux jours d'incubation. — Un grand nombre d'organes

ont apparu. Le canal médullaire s'est complété, et on constate à son extrémité antérieure des dilatations qui sont l'ébauche des vésicules cérébrales. Voilà pour le feuillet externe ou *ectoderme*.

2° *Feuillet interne ou endoderme.* — Du côté de l'*endoderme*, on constate l'apparition de la *corde dorsale*. En même temps, l'embryon s'est incurvé en emprisonnant dans sa cavité ventrale une portion de l'endoderme, qui sera l'*intestin*.



Fig. 121. — Embryon de poulet de trente heures, vu du côté de sa face externe. On y voit le dédoublement du repli céphalique et le commencement de l'apparition de la lame fibro-intestinale, splanchnopleure, et de la lame fibro-cutanée, somatopleure.

A, splanchnopleure. — B, somatopleure. — A', pli circulaire de l'aire transparente soulevée par la saillie de l'extrémité céphalique de l'embryon. On voit aussi le sillon médullaire, la ligne primitive et quelques prévertèbres.



Fig. 122. — Embryon de poulet de 32 heures.

A, somatopleure formant un capuchon. — B, autre capuchon formé par la splanchnopleure. Le vide situé entre les deux est la fente pleuro-péritonéale. — A', commencement du capuchon céphalique formé aux dépens du feuillet externe du blastoderme.

On voit aussi le sillon médullaire, la ligne primitive et les prévertèbres.



Fig. 123. — Embryon de poulet de trente heures. Coupe transversale de l'une des moitiés de l'embryon, à partir de la ligne médiane *f*. Cette figure montre la formation de la cavité pleuro-péritonéale et la séparation de la somatopleure et de la splanchnopleure.

a, splanchnopleure. — *b*, mésoderme formant avec *b* et *c* les lames latérales de l'embryon se continuant avec les prévertèbres *f* en dedans et se divisant en dehors en lame fibro-cutanée et lame fibro-intestinale. — *c*, ectoderme. — *d*, cavité pleuro-péritonéale. — *e*, *e'*, îlots sanguins de Wolf.

Pendant que l'axe cérébro-spinal se détache de l'ectoderme qui

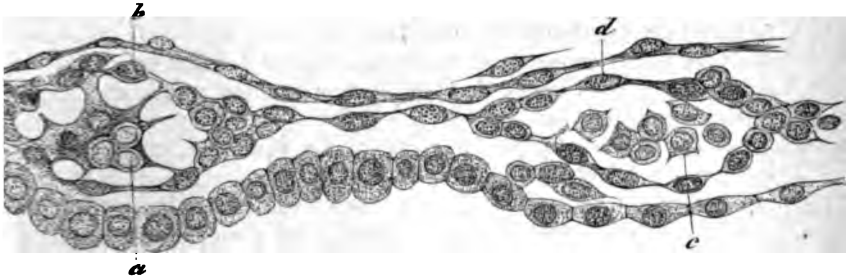


Fig. 124. — Coupe de l'aire vasculaire sur un embryon de poulet après deux jours d'incubation.

On voit l'endoderme I, les îlots de Wolff a, b, d, la transformation des cellules mésenchymateuses en globules sanguins en c.

lui a donné naissance, on voit naître sur l'endoderme, le long de la ligne médiane, un petit filament parallèle au canal neural, lon-

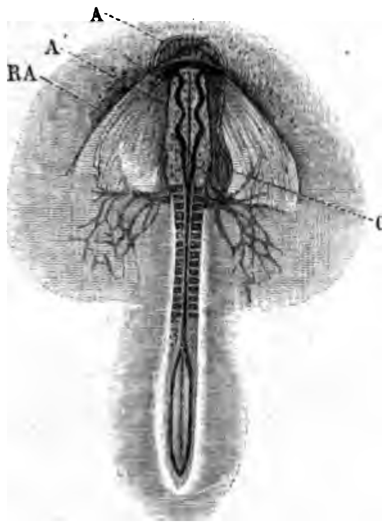


Fig. 125. — Embryon de poulet après quarante-huit heures d'incubation, vu par sa face externe. On y voit les prévertèbres et le développement des premiers vaisseaux.

gitudinal comme lui, et situé au-dessous, dans l'axe même de la face ventrale de la plaque embryonnaire.

Ce canal est la *corde dorsale*, dont le mode de formation est

identique à celui du canal médullaire. Elle se montre après quarante-huit heures d'incubation. C'est d'abord une gouttière longitudinale de l'endoderme regardant le centre de l'œuf, gouttière dont les bords se soudent rapidement pour former un canal. Ce canal se sépare bientôt de l'endoderme pendant que le canal médullaire se sépare de l'ectoderme.

La corde dorsale, premier indice du squelette, est un mince cordon cylindrique, légèrement aplati, formé de cellules qui rayonnent du centre à la circonférence. Son extrémité antérieure est située au-dessous de la vésicule cérébrale moyenne et se termine en cul-de-sac en arrière de la vésicule antérieure. Son extrémité postérieure se prolonge dans la queue de l'embryon.

A la fin du troisième jour de l'incubation, la corde dorsale s'entoure d'une gaîne mince et transparente. Au bout d'une semaine, elle prend un aspect moniliforme et présente autant d'étranglements qu'il existe de vertèbres. Plus tard, les corps vertébraux et les disques intervertébraux qui les unissent se développent autour de la corde dorsale, qui les traverse à la manière d'une broche.

Par suite de l'incurvation de l'embryon, les capuchons céphalique, caudal et latéraux se sont formés.

Les *prévertèbres* ont fait leur apparition, et le mésoderme s'est dédoublé vers les flancs de l'embryon, le feuillet inférieur ou viscéral, appelé *lame fibro-intestinale*, s'est accolé à l'endoderme pour former la *splanchnopleure*, pendant que le feuillet supérieur ou pariétal, appelé *lame fibro-cutanée* s'est uni à l'ectoderme pour former la *somatopleure*.

§ 4. — INCURVATION ET MODIFICATIONS DU CORPS DE L'EMBRYON

L'embryon passe par trois phases. Dans la première il a la forme d'une simple *plaque embryonnaire* dont la périphérie se continue avec les trois feuillets de la vésicule blastodermique sans transition, sans ligne de démarcation. Cette phase est très courte et ne dépasse pas le deuxième jour de l'incubation. Dans la seconde phase, l'extrémité céphalique a acquis du volume, la circonférence de la plaque embryonnaire s'est resserrée en se dirigeant vers le centre de l'œuf, de manière à former une *cavité embryonnaire* ; l'embryon s'est épaissi et a pris la forme d'un cône à base céphalique, à sommet caudal. Dans la troisième phase, qui commence à la quatrième semaine, l'embryon est complètement développé, c'est-à-dire qu'il possède ses quatre membres, ainsi que tous ses organes. La queue s'atrophie peu à peu et disparaît

complètement au troisième mois. Cette phase sera traitée au paragraphe suivant.



Fig. 126. — Coupe transversale d'un embryon de poulet à la fin du deuxième jour de l'incubation, au niveau du cœur.

A, fente pleuro-péritonéale. — B, intestin antérieur. — C, cœur avec sa cloison unique. — D, E, ectoderme.
On voit en haut la coupe de la moelle, des prévertèbres, de la corde dorsale et des deux aortes.

Première phase. — Nous avons vu plus haut que la plaque embryonnaire, formée d'abord par l'adossement de l'ectoderme et



Fig. 127. — Coupe transversale d'un embryon de poulet à la fin du deuxième jour de l'idcubation (d'après Kölliker).

1, futur intestin. — 2, canål médullaire. — 3, prévertèbres. — 4, corde dorsale. — 5, aortes. — 6, corps de Wolff. — 7, portion intra-embryonnaire de la cavité pleuro-péritonéale. — 7', portion extra-embryonnaire de la même cavité. — 8, somatopleure. — 9, splanchnopleure.

de l'endoderme, présente rapidement un troisième feuillet intermédiaire, le mésoderme, issu de l'endoderme.

Le mésoderme se répand dans toute l'étendue de la plaque embryonnaire; vers la *ligne médiane* il vient entourer les produc-

tions endodermique, corde dorsale, et ectodermique, canal médullaire ; vers les parties latérales, vers les flancs de l'embryon, il se divise en deux feuillets, inférieur et supérieur ; l'inférieur, *lame fibro-intestinale*, s'applique à l'endoderme pour former la *splanchnopleure*, le supérieur, *lame fibro-cutanée*, se confond avec l'ectoderme pour former la *somatopleure*. Pendant ce temps, des vaisseaux se développent dans l'aire opaque, *area vasculosa*.

La plaque, c'est-à-dire l'embryon, est déjà légèrement excavée et prend la forme d'une valve, parce que ses bords se rapprochent du centre de l'œuf.

Deuxième phase. — Mais l'embryon change rapidement de forme. L'extrémité céphalique grossit et l'extrémité opposée s'effile pour former la *queue*, dont l'existence est transitoire.

Les bords de la plaque embryonnaire tendent à se rapprocher,



Fig. 128. — Embryon de poulet au troisième jour. Coupe transversale.

A, cœlome, cavité ou fente pleuro-péritonéale, séparant la somatopleure de la splanchnopleure. — B. feuillet externe, ectoderme. — C, masse formée par l'épaississement du feuillet moyen. — D, feuillet interne, endoderme. — E, paroi du canal de la moelle fermée par l'involution du feuillet externe.

On voit la corde dorsale au-dessous du canal de la moelle et, de chaque côté, la coupe des aortes.

l'extrémité céphalique et l'extrémité caudale s'infléchissent vers le centre de l'œuf ; il en est de même des bords, c'est-à dire des flancs. Toute la circonférence de l'embryon se rétrécit de plus en plus. La plaque embryonnaire a commencé par s'excaver peu à peu ; l'excavation s'est prononcée davantage, et finalement, au lieu de présenter l'aspect d'une valve, l'embryon prend la forme d'une petite *outre*, dont l'ouverture, qui sera plus tard l'ombilic, regarde le centre de l'œuf.

Mais on comprend que la plaque embryonnaire, formée par les trois feuillets du blastoderme, ne peut s'excaver sans soulever avec ses bords la paroi du blastoderme. A mesure que les bords de l'embryon se rapprochent, il se forme à l'extérieur de l'œuf, entre ces mêmes bords et le reste du blastoderme, une gouttière, un sillon circulaire, qui augmente de plus en plus.

On donne le nom de *capuchon* à la portion du blastoderme soulevée par les bords de l'embryon. La partie qui recouvre la tête est appelée *capuchon céphalique* ; le *capuchon caudal* recouvre



Fig. 129. — Embryon de trois jours. Coupe transversale.

A, cavité pleuro-péritonéale. — B, involution du feuillet interne, ou endoderme, pour former intestin. — C, orifice de communication entre l'intestin futur et la cavité de la vésicule ombilicale D. — E, canal de Müller. — F, masse nerveuse ganglionnaire. — G, moelle et canal de l'épendyme.

On voit au-dessous de la moelle la corde dorsale et la coupe des aortes.

la queue de l'embryon et les *capuchons latéraux* couvrent les flancs. Le capuchon céphalique est le plus précoce, le capuchon caudal se rencontre ensuite, puis les capuchons latéraux.

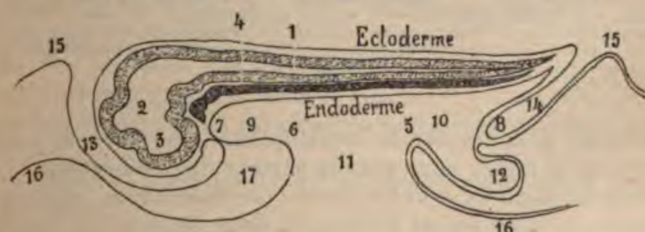


Fig. 130. — Schéma d'un embryon de poulet, coupe longitudinale (d'après Prenant) modifiée.

1, canal neural. — 2, vésicule cérébrale moyenne. — 3, vésicule cérébrale antérieure infléchie au devant de l'extrémité antérieure de la corde dorsale. — 4, corde dorsale parallèle et sous-jacente au canal neural. — 5, *Aditus posterior ad intestinum*. — 6, *Aditus anterior ad intestinum*. — 7, cul-de-sac de l'intestin antérieur et membrane pharyngienne. — 8, partie postérieure de la gouttière entourant l'embryon. — 9, intestin antérieur. — 10, intestin postérieur. — 11, futur ombilic, canal vitello-intestinal communiquant avec l'intestin. — 12, saillie de l'allantoïde. — 13, partie antérieure de la gouttière entourant l'embryon. — 14, extrémité caudale de l'embryon et terminaison de l'intestin postérieur. — 15, 15, replis de l'amnios. — 16, 16, prolongement de la splanchnopleure. — 17, cœlome.

La circonférence de l'embryon, en se rétrécissant, forme ce qu'on a appelé les *replis*, de sorte que le *repli céphalique*, formé par l'inclinaison de la tête, sera recouvert par le capuchon cépha-

lique, le *repli caudal* par le capuchon caudal et les *replis latéraux* ou *flancs* par les capuchons latéraux.

Si l'on suit les trois feuillets du blastoderme au niveau des bords de l'embryon, on remarquera que l'endoderme se trouve nécessairement emprisonné en partie dans sa cavité ventrale, tandis que l'autre partie sera située dans l'œuf, en dehors de l'embryon, et communiquera avec la portion intra-embryonnaire par une partie étranglée. Nous savons que le feuillet inférieur du mésoderme s'est uni à l'endoderme, pour former la splanchnopleure de l'embryon, tandis que le feuillet supérieur s'est confondu avec

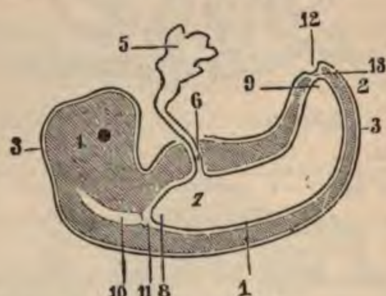


Fig. 131. — Incurvation de l'embryon. (Figure schématique).

1, extrémité céphalique. — 2, extrémité caudale. — 3, ectoderme. — 4, endoderme, cavité intestinale. — 5, vésicule ombilicale. — 6, conduit vitello-intestinal. — 7, cavité intestinale. — 8, extrémité supérieure de l'intestin allant au-devant de l'intestin supérieur pour former l'œsophage. — 9, extrémité inférieure allant au-devant de la dépression anale pour former l'anus. — 10, œsophage. — 11, point de réunion. — 12, dépression anale, proctodœum. — 13, membrane cloacale ou anale.

l'ectoderme pour former la somatopleure. Ces deux membranes conservent le même nom dans la partie extra-embryonnaire.

Revenant donc au feuillet interne ou endoderme, nous voyons que cette membrane est divisée en deux parties par l'étranglement déjà signalé, une partie intra-embryonnaire, qui donnera naissance à l'intestin (l'endoderme pour l'épithélium, le mésoderme pour le reste de la paroi intestinale) et une partie extra-embryonnaire qui formera la *vésicule ombilicale* ou *sac vitellin interne* (l'épithélium par l'endoderme, le reste de la paroi par le mésoderme). La portion étranglée de la splanchnopleure s'appelle *pédicule splanchnique* ou *vitello-intestinal interne*.

Il en est absolument de même pour l'ectoderme. Confondu avec le feuillet supérieur du mésoderme pour former la somatopleure, l'ectoderme présentera aussi une portion intra-embryonnaire qui formera l'épiderme de l'embryon et une portion extra-embryonnaire reliée à l'autre, vers les bords de l'ombilic, par une portion

rétrécie. Cette portion extra-embryonnaire porte le nom de *sac vitellin externe*; la partie rétrécie est le *pédicule somatique* ou *vitello-intestinal externe*.

Nous avons vu que, vers les flancs de l'embryon, les deux feuillets du mésoderme sont séparés par le cœlome. Le cœlome, de même que les deux feuillets du mésoderme, se continue dans le pédicule vitello-intestinal et jusque dans la portion extra-embryonnaire du blastoderme. Il y a donc un *cœlome intra-embryonnaire*



Fig. 132. — Extrémité céphalique d'un embryon de poulet de trente-quatre heures vue par sa face antérieure.

A, lame fibro-cutanée, somatique, ou somatopleure, formant un capuchon. — B, autre capuchon formé par la lame fibro-intestinale splanchnique ou splanchnopleure. — F, partie supérieure ou céphalique de la fente pleuropéritonéale. La colonne centrale est formée par le mésoderme.



Fig. 133. — Extrémité céphalique du même embryon, vue par sa face postérieure.

A, lame fibro-cutanée ou somatopleure, formant capuchon. — B, autre capuchon formé par la lame fibro-intestinale ou splanchnopleure. — C, soulèvement de la somatopleure.

et un *cœlome extra-embryonnaire*, comme il y a un *mésoderme intra-embryonnaire* et un *mésoderme extra-embryonnaire* (voy. *Mésoderme*).

Examinons les divers points de la circonférence de la plaque embryonnaire.

L'*extrémité céphalique* se fléchit et forme le repli céphalique de telle sorte que la vésicule cérébrale antérieure devient inférieure et que la moyenne forme ce qui sera plus tard le vertex. En se portant en bas, cette vésicule, vient au contact de l'extrémité antérieure de la corde dorsale. Elle forme la paroi inférieure d'un cul-de-sac formé par la partie antérieure de la splanchnopleure, et appelé *intestin antérieur* ou *pré-intestin*. A la partie postérieure de la vésicule cérébrale antérieure renversée, l'ectoderme et l'endoderme qui étaient séparés par l'épaisseur des vésicules cérébrales se rencontrent de nouveau pour former la *membrane pharyngienne* au fond d'une dépression qui sera la *cavité buccale*. Puis elles se séparent en se portant en arrière vers l'ombilic et limitent une petite cavité, la *fosse cardiaque* dans laquelle se développe

le cœur (voy. plus loin *Extrémité céphalique de l'embryon*).

L'*extrémité caudale* se renverse également pour former le repli caudal qui se porte d'arrière en avant vers l'ombilic et forme la paroi inférieure d'un cul-de-sac formé par l'endoderme dans l'extrémité caudale de l'embryon, cul-de-sac appelé *intestin postérieur*. C'est de la paroi inférieure de cet intestin, de l'endoderme, que naît un petit bourgeon qui formera l'*allantoïde*. L'intestin antérieur et l'intestin postérieur forment deux culs-de-sac qui

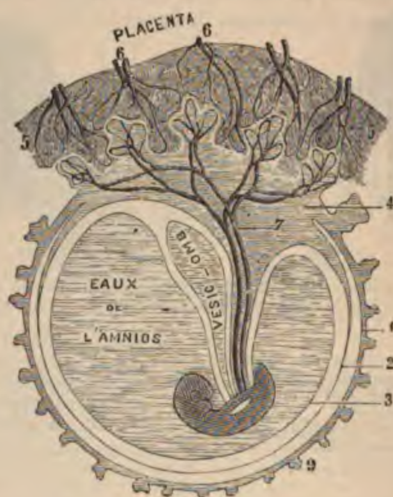


Fig. 134. — Amnios, dépendance du feuillet externe. Vésicule ombilica venant du feuillet interne.

1, chorion et ses villosités atrophiées. — 2, prolongement de la vésicule allantoïde entre chorion et l'amnios. — 3, amnios. — 4, substance du placenta fœtal avec ses villosités va culaires. — 5, 5, placenta maternel. — 6, 6, vaisseaux du placenta maternel formant des an entre les villosités du placenta fœtal. — 7, vaisseaux ombilicaux formant des anses dans villosités.

s'ouvriront plus tard à l'extérieur, l'un pour former la bouche, l'autre l'anus.

Les *flancs*, formant les *replis latéraux*, se portent en bas et en dedans pour former l'ombilic, qui résulte de la réunion des flancs, du repli céphalique et du repli caudal. C'est au niveau des flancs que se trouve l'intestin moyen, communiquant largement avec la vésicule ombilicale par le conduit vitello-intestinal et communiquant également avec l'intestin antérieur et l'intestin postérieur.

On nomme *aditus anterus ad intestinum* et *aditus postérior ad intestinum* les deux entrées des culs-de-sac qui forment l'intestin antérieur et le postérieur.

Pendant que les transformations précédentes se sont produites avec une rapidité vertigineuse dans l'ectoderme, l'endoderme et le mésoderme, l'embryon a grandi, en même temps, qu'il a changé de forme. Mais il ne faudrait pas s'exagérer son volume. Il n'a pas encore le volume d'un grain de millet que le système nerveux central, cerveau et moelle, est complètement ébauché (dès la trente-sixième heure d'incubation chez le poulet.

L'*incurvation* de l'embryon est tellement accusée que l'extrémité céphalique et l'extrémité caudale arrivent au contact vers la soixantième heure de l'incubation. L'incurvation porte surtout sur l'extrémité céphalique, ce dont il faudra se souvenir lorsqu'on étudiera le développement du cerveau. Il se fait deux courbures sur cette extrémité céphalique, l'une porte sur la partie antérieure de la tête, c'est la *flexion céphalique antérieure* dont le sommet formera le *vertex*. L'autre porte sur la région postérieure, *flexion céphalique postérieure* dont le sommet donnera la *nuque*.



Fig. 135. — Embryon de poulet à la fin du 3e jour de l'incubation.

a, émergence du bourgeon devant former la vésicule allantoïdienne. — *b*, dépression sous-caudale. On voit encore dans cette figure les prévertèbres, les artères omphalo-mésentériques fournies par les aortes et les veines omphalo-mésentériques qui se rendent au cœur.

En outre de ces deux flexions sur l'axe longitudinal, il s'opère un *mouvement de torsion* de l'embryon autour du même axe longitudinal, torsion telle que l'extrémité céphalique tourne à gauche de manière à placer son côté gauche sur le même plan que la face ventrale ; autrement dit, quand on voit le corps par sa face dorsale on voit la tête de profil. A. Prenant a constaté, en outre, chez le lapin une torsion de l'extrémité caudale sur son axe, en forme d'hameçon ; il pense qu'elle existe aussi chez les embryons humains.

§ 5. — LES DIVERSES RÉGIONS DE L'EMBRYON

Je diviserai l'embryon, pour cette étude, en trois parties : le corps, l'extrémité céphalique et l'extrémité caudale.

Corps de l'embryon. — Après qu'il a cessé d'être plaque embryonnaire, l'embryon, de forme conique, à sommet postérieur, offre, ainsi que je l'ai déjà dit plus haut, un axe et des parties latérales. Son ensemble représente, à la fin de la première semaine, un petit fuseau creux, renflé à l'extrémité céphalique,

effilé à l'extrémité opposée et ne présentant pas, dans le cours du premier mois, le moindre rudiment des membres.

Dans l'axe, sur la ligne médiane, nous avons, de haut en bas, l'ectoderme, c'est-à-dire, l'épiderme, le canal médullaire et les éléments nerveux qui commencent à se montrer dans ses parois,

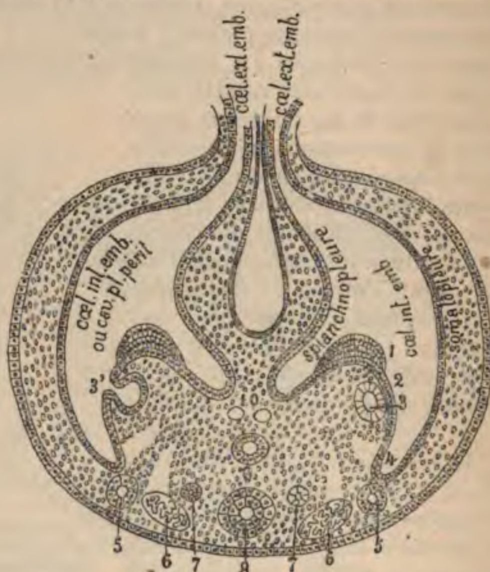


Fig. 136. — Coupe schématique du corps de l'embryon passant par l'ombilic. Cette figure semblerait indiquer qu'il y a deux cœlomes, mais il est facile de se rendre compte que en avant et en arrière de l'ombilic ces deux cavités n'en forment qu'une seule.

1, épithélium germinatif de Waldeyer sur l'éminence sexuelle (crête génito-urinaire). — 2, 3, canal de Müller. — 3', gouttière formée par l'évagination de l'endothélium et formant ensuite le canal de Müller. — 4, cul-de-sac entre la somatopleure et la crête génito-urinaire. — 5, 5, canal de Wolff. — 6, 6, corps de Wolff. — 7, 7, erreur du dessinateur. — 8, canal neural. — 9, corde dorsale. — 10, aortes.

On voit nettement sur cette figure le prolongement extra-embryonnaire de la somatopleure, de la splanchnopleure et du cœlome.

la corde dorsale et l'endoderme devant former l'épithélium intestinal. On y trouve encore les prévertèbres.

De chaque côté de l'axe, nous trouvons deux lames et l'angle de séparation de ces deux lames.

La lame supérieure, superficielle, formée par l'ectoderme et le feuillet supérieur, mésenchymateux, du mésoderme, *somatopleure* (1), donne naissance à l'épiderme, aux os, aux cartilages,

(1) Les auteurs ne s'entendent pas sur la définition de la somatopleure et de splanchnopleure. Les uns désignent sous ces noms les deux feuillets mésen-

aux muscles striés, au tissu conjonctif, au feuillet pariétal de la plèvre et du péritoine, et aux vaisseaux des parois thoracique et abdominale.

La lame inférieure ou *splanchnopleure* formée par l'endoderme et le feuillet inférieur mésenchymateux du mésoderme (splanchnopleure), produit le feuillet viscéral de la plèvre et du péritoine,

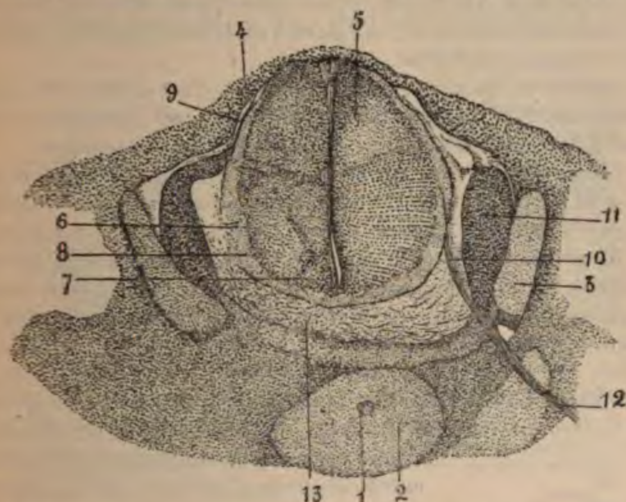


Fig. 137. — Coupe transversale du corps d'un embryon de mouton de 3 centimètres de longueur (d'après Renaut).

1, corde dorsale. — 2, corps d'une vertèbre. — 3, partie latérale de la vertèbre. — 4, peau. — 5, moelle épinière avec ses chaînes de prolifération. — 6, 8, substance blanche de la moelle. — 7, noyau des cornes antérieures futures de la moelle. — 9, racines postérieures d'une paire nerveuse rachidienne. — 10, racines antérieures d'une paire nerveuse rachidienne. — 11, ganglion rachidien. — 12, nerf rachidien résultant de la réunion des racines postérieures et antérieures. — 13, tissu conjonctif muqueux, dans lequel se développeront les méninges.

l'épithélium intestinal, les tuniques fibreuse et musculeuse de l'intestin et les muscles lisses en général.

La somatopleure se continue avec le sac vitellin externe des annexes (voy. plus loin), tandis que la splanchnopleure se continue avec le sac vitellin interne par un pédicule (splanchnique) vitello-intestinal, qui est entouré par le pédicule du sac vitellin externe (somatique) et qui s'oblitèrera vers le deuxième mois de la grossesse.

Avant la formation de l'ombilic par la rencontre des somato-

chymateux du mésoderme. Pour les autres, la somatopleure est formée par la réunion du feuillet externe avec l'ectoderme, tandis que la splanchnopleure serait constituée par l'endoderme uni au feuillet interne du mésoderme.

pleures droite et gauche, le tube digestif de l'embryon est une gouttière dont la concavité regarde l'ombilic et, par conséquent, le sac vitellin, avec lequel elle communique.

Cette gouttière est intermédiaire à deux prolongements de la splanchnopleure, en forme de cul-de-sac, un prolongement antérieur qui se dirige vers l'extrémité céphalique de l'embryon sous le nom d'*intestin antérieur*, et un prolongement postérieur qui forme également un cul-de-sac dans l'extrémité caudale, et qu'on nomme *intestin postérieur*.

Les ouvertures de ces deux culs-de-sac, c'est-à-dire leur point de communication avec la partie moyenne, se nomment *aditus anterior ad intestinum* et *aditus posterior ad intestinum*.

Au point de séparation de la somatopleure et de la splanchnopleure, à la partie interne du cœlome, on voit une crête verticale, *crête génito-urinaire*, qui donnera naissance aux organes urinaires et génitaux internes des deux sexes. En dehors de cette crête, entre la splanchnopleure et la somatopleure, se trouve la cavité pleuro-péritonéale ou cœlome, qui se divisera plus tard en péritoine, plèvres et péricarde.

Extrémité céphalique de l'embryon. — Comme le reste de l'embryon, l'extrémité céphalique est comprise entre l'ectoderme et l'endoderme. Elle renferme les trois vésicules cérébrales, produit de l'ectoderme, qui doivent donner naissance à l'encéphale, ainsi que les vésicules optiques, d'où la prédominance de volume de la vésicule antérieure. On y trouve aussi l'extrémité antérieure de la corde dorsale qui se termine en arrière de la vésicule cérébrale antérieure par un cul-de-sac.



Fig. 138. — Extrémité céphalique de l'embryon au troisième jour de l'incubation.

a, dépression olfactive. — *b*, dépression optique. — *c*, premier arc branchial. — *d*, dépression auditive.

On distingue les saillies formées par la vésicule cérébrale antérieure et la vésicule cérébrale moyenne.

Nous avons vu précédemment que cette extrémité présente deux inflexions, de telle sorte que la vésicule cérébrale antérieure se porte en bas et même en arrière en recouvrant l'extrémité antérieure de la cavité intestinale, autrement dit l'intestin antérieur.

Membrane pharyngienne. — En se recourbant en bas et en arrière, l'extrémité céphalique entraîne avec elle l'ectoderme qui lui forme une sorte de calotte, de capuchon; on lui donne le nom de *capuchon céphalique*. Ce capuchon vient se juxtaposer au fond de la fossette buccale, à l'endoderme

de l'intestin antérieur, pour constituer la *membrane pharyngienne*, qui correspondra au voile du palais, de telle sorte que la cavité buccale située en avant de la membrane pharyngienne sera formée aux dépens de l'ectoderme, tandis que le pharynx et l'œsophage naîtront de l'endoderme.

Fosse cardiaque. — En arrière du capuchon céphalique et de la membrane pharyngienne les deux feuillets splanchnique et somatique se séparent et limitent une petite cavité, *fosse cardiaque*, dans laquelle se développera le cœur avec ses gros vaisseaux.



Fig. 139. — Extrémité céphalique d'un embryon de mouton après la formation du bourgeon incisif.

a, fente olfactive. — b, fossette optique. c, bourgeon maxillaire.



Fig. 140. — Extrémité céphalique d'un embryon de mouton après formation de la bouche.

a, fente olfactive. — b, cristallin. — c, bourgeon maxillaire supérieur.

Crâne. — Dès la fin du troisième jour de l'incubation chez le poulet, on peut distinguer une lame mince et transparente de tissu conjonctif qui entoure les vésicules cérébrales et la partie antérieure de la corde dorsale. C'est le *crâne membraneux*, dont la voûte passera sans transition de l'état celluleux à l'état osseux. La partie située en arrière des vésicules cérébrales est plus épaisse que l'autre, elle a la forme d'une coupe et formera la base du crâne en passant par l'état cartilagineux.

Extrémité caudale de l'embryon. Cette expression n'a rien d'étrange, car l'embryon a une queue jusqu'au commencement du troisième mois. On croyait autrefois, à tort, pouvoir distinguer l'embryon humain de celui des autres vertébrés par l'absence d'un prolongement caudal.

Dans les premières heures de l'incubation, on peut constater des évolutions momentanées au centre de l'extrémité caudale de l'embryon. Étudiées surtout sur les amphibiens, on peut les

observer, déformées, il est vrai, chez les vertébrés supérieurs.

Ainsi, le *canal neurentérique*, qui sera décrit plus loin, a une existence transitoire. Il s'ouvre à l'extérieur par le blastopore, en arrière de la gouttière médullaire, et il établit une communication entre les gouttières de la moelle et de la corde dorsale à leur extrémité postérieure. Puis le canal neurentérique disparaît par oblitération, et l'extrémité de l'intestin postérieur ou caudal, n'ayant plus de communication, forme un cul-de-sac (fig. 151).

Intestin postérieur. — On appelle ainsi la portion de l'endoderme qui s'enfonce dans l'extrémité caudale. Par sa disposition, il rappelle l'intestin antérieur ou céphalique.

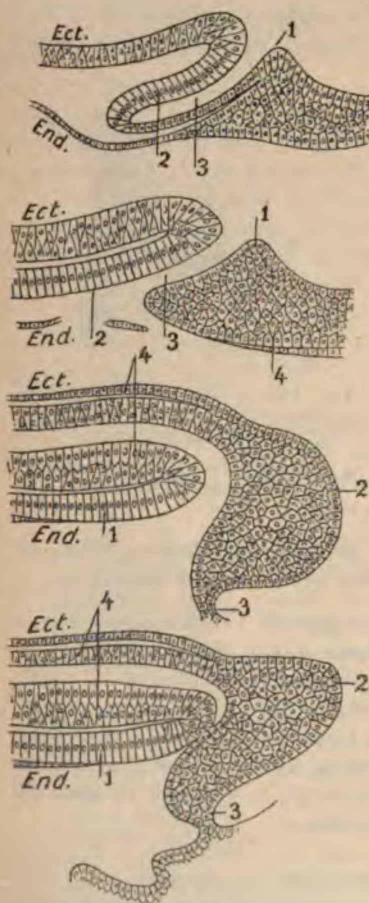


Fig. 141. — Coupes schématiques longitudinales et médianes de l'extrémité caudale de quatre jeunes embryons d'âges différents (d'après A. Prenant).

Première figure. — Embryon le plus jeune. — 1, ligne primitive. — 2, endoderme gastruléen. — 3, canal gastruléen à l'état d'invagination cœcale.

Deuxième figure. — Embryon plus âgé. — 1, ligne primitive. — 2, corde dorsale au-dessous du canal neural. — 3, canal de la corde dorsale. — 4, endoderme.

Troisième figure. — Embryon encore plus âgé. — 1, corde dorsale. — 2, rudiment caudal formé aux dépens de la ligne primitive. — 3, membrane anale ou cloacale. — 4, canal neural et ses parois, entre l'ectoderme et la corde dorsale.

Quatrième figure. — 1, endoderme, on voit la corde dorsale au-dessus. — 2, rudiment caudal formé aux dépens de la ligne primitive. — 3, membrane anale ou cloacale. — 4, canal neural et ses parois entre l'ectoderme et la corde dorsale.

Comme l'intestin antérieur, qui se termine à la membrane pharyngienne, laquelle se détruira pour former la bouche, il se termine à la *membrane anale* ou *cloacale*, qui se détruira pour former l'anus. Ces deux membranes, dépourvues de mésoderme, sont formées par l'adossement de l'ectoderme et de l'endoderme.

Les régions où elles se trouvent s'appellent *zones amésodermiques.*

Entre la membrane anale et le cul-de-sac intestinal proprement dit résultant de l'oblitération du canal neurentérique, les cellules de la partie postérieure de la ligne primitive prolifèrent abondamment et donnent naissance à une saillie qui constituera le prolongement caudal de l'embryon. Cette sorte de diverticulum, ce cœcum, vrai cul-de-sac, est connue sous le nom d'*intestin post-anal* ou *intestin caudal*, parce qu'elle est reportée en arrière par suite de la projection de l'anus en avant, lorsque l'extrémité caudale de l'embryon s'incurve en avant vers l'extrémité céphalique.



Fig. 142. — Extrémité caudale d'un embryon au commencement du troisième jour. Coupe transversale.

a, intestin. — *c*, coupe de l'allantoïde. — *d*, dépression sous-caudale. — *e*, cavité pleuro-péritonéale. — *f*, conduit de Wolff. *g*, conduit de Müller. — *i*, moelle et son canal.

Telle est la constitution du corps de l'embryon.

Il est très difficile de limiter son sujet au point de vue de l'évolution des organes et des appareils. Vouloir indiquer l'origine de tous les organes de l'embryon, c'est entreprendre l'étude de toute l'anatomie. Il faut donc savoir se limiter.

§ 6. — DÉVELOPPEMENT DES TISSUS, ORGANES ET APPAREILS

Voici la méthode que je suivrai : 1° tissus, organes et appareils nés de l'ectoderme ; 2° tissus, organes et appareils fournis par l'endoderme ; 3° tissus, organes et appareils issus du mésoderme.

A. — *Tissus, organes et appareils nés de l'ectoderme.*

J'ai dit maintes fois que l'ectoderme donne naissance à l'épiderme, aux glandes cutanées et aux follicules pileux, à la mamelle, au système nerveux, à la partie essentielle des organes des sens, à la portion spongieuse de l'urèthre, à la conjonctive et à la muqueuse du sac lacrymal et du canal nasal, à la muqueuse pituitaire, à la muqueuse buccale et aux glandes salivaires. Examinons ces différentes productions.

1° Epiderme. — L'épiderme est formé par l'ectoderme qui s'étale à la surface du corps de l'embryon à mesure que celui-ci grandit. Tout à fait au début, il est formé, chez la plupart des vertébrés par une seule couche de cellules prismatiques, semblables, et supportées par une *membrane vitrée*. Au moment où le canal neural se sépare de l'ectoderme, celui-ci se divise en deux couches, une profonde, ectoderme proprement dit, et une superficielle qui forme la limite de l'embryon ; c'est le *téloderme*.

Ces couches de cellules se multiplient pour former un épithélium pavimenteux stratifié, à cellules profondes, molles, (couche de Malpighi), et à cellules superficielles dures et cornées. Ces cellules profondes, cylindriques implantées sur la membrane vitrée forment la *couche génératrice*, ainsi nommée parce qu'elle reconstitue les couches épithéliales plus superficielles (voy. *Épiderme*).

De la face profonde de l'épiderme on voit se détacher des bourgeons pleins qui s'enfoncent dans le derme et qui sont remplis de cellules de Malpighi ; ce sont les *follicules* des poils. Leur partie profonde est soulevée par les cellules du mésoderme qui va former la papille du follicule. Au tiers supérieur du follicule on voit naître deux petits bourgeons du type Malpighien, origine des *glandes sébacées*, qui se développent dans le troisième mois de la vie intra-utérine. Les *glandes sudoripares* se montrent un mois plus tard, par un tube qui descend perpendiculairement jusqu'au-dessous du derme où il s'enroule pour former le glomérule. Dans l'épaisseur de l'épiderme, ce tube n'a pas de paroi propre, ses parois sont formées par les cellules de l'épiderme.

2° Glande mammaire. — La glande mammaire est formée par une simple dépression des couches ectodermiques, du quatrième au cinquième mois de la vie fœtale.

Deux mois plus tard, on voit partir de cette dépression, appelée *champ glandulaire de Huss*, une douzaine de bourgeons pleins qui s'enfoncent dans le mésoderme. Au moment de la naissance, ces bourgeons émettent de nouveaux bourgeons vers leur partie profonde et viennent s'aboucher par leur extrémité superficielle dans le champ glandulaire. Ainsi se forment les acini, les lobules et les lobes de la glande.

3° Système nerveux. — Le système nerveux vient entièrement de l'ectoderme. Nous avons vu que la moelle épinière se montre la première sous forme de *gouttière médullaire*. La soudure des bords de la gouttière, replis, lames ou crêtes médullaires, la transforme bientôt en canal. Cette soudure commence à la partie moyenne de la moelle, et elle s'étend progressivement en avant. La moelle est

encore à l'état de gouttière en arrière que son extrémité antérieure présente trois dilatations. Ce sont les *vésicules cérébrales*, antérieure, moyenne et postérieure. Ces vésicules communiquent largement entre elle et avec le canal neural. Leur cavité, large dans les vésicules, étroite dans la moelle, donnera naissance aux ventricules, et le canal neural, encore ouvert en arrière, formera le *canal de l'épendyme*.



Fig. 143. — Vésicules cérébrales d'un embryon de mouton de 3 centimètres de long.

a, vésicule cérébrale antérieure. — *b*, vésicule cérébrale moyenne. — *c*, vésicule cérébrale postérieure. — *d*, vésicule hémisphérique commençant à se développer.

Dès que le canal neural est formé, on voit, en arrière et sur les côtés de ce canal, de petites masses de cellules émanées de ses parois descendre sur les parties latérales de la moelle pour former les *ganglions rachidiens* (fig. 144 et 145). Ces masses ganglionnaires subiront une fragmentation de manière à donner naissance à *tous les ganglions* des nerfs craniens et du grand sympathique.

Une fois formées, les trois vésicules cérébrales se modifient rapidement. La vésicule antérieure se divise en deux vésicules plus petites ; la vésicule postérieure également, de sorte qu'il existe cinq *vésicules cérébrales secondaires*. Elles donneront naissance d'avant en arrière au *cerveau antérieur*, au *cerveau intermédiaire*,

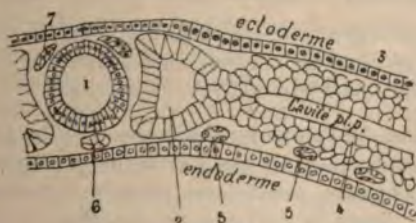


Fig. 144. — Coupe de la plaque embryonnaire au deuxième jour de l'incubation, côté gauche.

1. canal neural. — 2, prévertèbre. — 3, somatopleure doublant l'ectoderme. — 4, splanchnopleure doublant l'endoderme. — 5, 5, îlots de Wolff. — 6, corde dorsale. — 7, ganglions rachidiens.

au *cerveau moyen*, au *cerveau postérieur* et à *l'arrière-cerveau* (fig. 146).

Vésicule antérieure. — La vésicule antérieure primitive donne le cerveau antérieur et le cerveau intermédiaire. Le *cerveau intermédiaire* fournit deux prolongements latéraux, *vésicules optiques ;*

la partie antérieure située entre les vésicules optiques se développe en avant et forme le *cerveau antérieur*. Ce développement est énorme dans le sens latéral, on dirait un double boursoufflement à droite et à gauche divisé en deux parties par une dépression profonde qui formera la *scissure interhémisphérique* entre les deux *hémisphères cérébraux*.



Fig. 145. — Coupe transversale du canal neural d'un embryon de femme de deux semaines et de deux millimètres et demi de long, ayant treize prévertèbres (d'après Lenhossek, empruntée à Déjérine). La coupe porte sur la troisième prévertèbre.

1, canal central de la moelle. — 2, lames neurales de l'ectoderme. — 3, 3, coupe de la troisième prévertèbre. — 4, cordon ganglionnaire recouvrant la partie postérieure de la moelle. L'ectoderme a été écarté pour l'intelligence de la figure.

Vésicule moyenne. — Elle forme le *cerveau moyen*.

Vésicule postérieure. — Elle s'étrangle vers le milieu par deux dépressions latérales. La portion antérieure formera le *cerveau postérieur*, et la postérieure l'*arrière cerveau*.

Le canal neural s'est considérablement modifié. Dans le cerveau antérieur, le développement des parois de la vésicule réduit leur cavité à deux espaces, fentes, ou cavités virtuelles, les *ventricules latéraux*. Dans le cerveau intermédiaire, la cavité de la deuxième vésicule cérébrale secondaire forme le *troisième ventricule*, en communication avec les latéraux par deux ouvertures étroites, les *trous de Monro*. *L'aqueduc de Sylvius*, intermédiaire au troisième et au quatrième ventricule est dû au développement du cerveau moyen. Enfin, une cavité assez spacieuse, le *quatrième ventricule* correspond au cerveau postérieur et à l'arrière-cerveau. Cette cavité communique avec l'aqueduc de Sylvius en haut, avec le canal de la moelle en bas et avec le liquide céphalo-rachidien en arrière. En somme, la cavité primitive du canal neural est partout continue malgré les déformations qu'elles a subies. En bas elle forme le canal de la moelle, plus haut le quatrième ventricule

ouvert dans l'espace sous-arachnoïdien, puis l'aqueduc de Sylvius, le troisième ventricule, enfin les ventricules latéraux dont le prolongement inférieur aboutit aux parties latérales de la fente de Bichat.

Cellules nerveuses. — Les cellules qui forment les parois du canal neural se multiplient et forment plusieurs couches ; les unes évoluent en *cellules nerveuses*, les autres en *cellules de la névroglie*. Les cellules nerveuses naissantes, embryonnaires, sont formées d'une masse de protoplasma arrondie, avec un gros noyau. His



Fig. 146. — Coupe schématique d'un encéphale de vertébré (d'après Édinger).

1, cerveau antérieur. — 2, cerveau intermédiaire avec le nerf optique et l'hypophyse en bas, la commissure postérieure et l'épiphyse en haut. — 3, cerveau moyen. — 4, cerveau postérieur. — 5, arrière-cerveau. — 6, partie cervicale de la moelle épinière.

les a nommées *cellules germinatives* parce qu'elles se multiplient très rapidement. Les petites cellules résultant de cette prolifération sont les *neuroblastes*, qui se transforment en cellules nerveuses par l'augmentation de volume du noyau et la formation de prolongements. Parmi les prolongements de la cellule nerveuse, le *cylindre-axe* apparaît le premier et se prolonge très loin par un cône d'accroissement ; les *prolongements protoplasmiques* se montrent ensuite.

Joannès Chatin a démontré que ces corpuscules, considérés par Ch. Robin comme des noyaux libres, ou *myélocytes*, ont toujours une couche de protoplasma, souvent mince et en forme de queue, d'où leur nom de *noyaux à queue*.

On voit, par ce qui précède, comment une cellule épithéliale de l'ectoderme peut se différencier au point de donner une cellule nerveuse. Cette métamorphose ne se produit pas seulement dans la région de l'axe cérébro-spinal, mais aussi dans la peau à une distance considérable du canal neural.

Il se développe, en effet, entre les cellules épithéliales, des cellules à demi nerveuses qui ont reçu le nom de *cellules neuro-épi-*

théliales et aussi des cellules contractiles, dites *myo-épithéliales*.

Rouget a découvert dans l'épiderme de l'hydre d'eau douce que certaines cellules épithéliales donnent par leur partie profonde de fines fibrilles identiques à des fibrilles nerveuses et se terminant dans des fibrilles musculaires, d'où le nom de *cellules neuro-épithéliales* (voy. *Système nerveux*).

Dans certains vers, on remarque des cellules épidermiques émettant un prolongement superficiel qui vient se terminer librement à la surface de l'épiderme pour y recevoir les impressions, et un prolongement profond qui se rend à des éléments musculaires profonds pour leur transmettre l'excitation reçue par la cellule.

Fibres nerveuses. — Il y a des *fibres myéliniques* et des *fibres amyéliniques*. Le *cylindre-axe* des fibres nerveuses végète à



Fig. 147. — Cellules de Vignal sur un faisceau du nerf sciatique d'un embryon de veau de 25 millimètres de long. On voit les cellules migratrices accolées au faisceau et pénétrant entre les fibrilles.

partir de la cellule nerveuse et se prolonge jusqu'aux organes où il se termine. Il naît sur la cellule par un prolongement étroit à la base, renflé et conique à la pointe, d'où le nom de *cône d'accroissement* qu'il a reçu. Le cylindre-axe est la partie essentielle de toute fibre nerveuse, qu'elle soit *myélinique* ou *amyélinique*. Il est formé par des fibrilles juxtaposées.

La *myéline* et la *gaine de Schwann* sont des productions secondaires à la surface de la myéline. Elles proviennent de cellules qui entourent le cylindre-axe et qui se modifient. Kölliker a signalé la présence de ces cellules, mais Vignal les a si bien étudiées qu'elles sont connues sous le nom de *cellules de Vignal* (1889) (voy. *Système nerveux*).

Parties essentielles des organes des sens. — Ces parties essentielles dérivent directement ou indirectement de l'ectoderme, ou bien sont une simple modification du revêtement ectodermique.

La *rétine* et le *cristallin* sont des productions épidermiques.

ne. — La rétine est une formation indirecte. En effet, elle ır la partie latérale de la vésiérébrale antérieure par un diıle creux qui s'allonge. Son ıité se dilate en ampoule, c'est *cule oculaire primaire ;* son e rétrécit et se pédiculise pour r le *nerf optique.* La vésicule re s'invagine dans elle-même te que sa moitié superficielle rime et s'enfonce pour venir ıtact de la moitié profonde. ılte de cette invagination que ıe est formée de deux couches illets : une couche extérieure, liale, contenant du pigment es cellules et une couche inté-, nerveuse, qui forme la rétine proprement dite. Cette couche *d'épithélium pigmentaire rétinien* appartient bien à la rétine ; on la rattachait autrefois à tort à la choroïde. La rétine est donc une production indirecte de l'ectoderme, puisqu'elle naît de la vésicule cérébrale antérieure et que celle-ci dérive directement de l'ectoderme.



Fig. 148. — Développement de la rétine. On y voit la couche pigmentaire et la couche nerveuse.
1, nerf optique. — 2, pigment choroïdien (d'après M. Duval).



9. — Développement ristallin sur une tête ıryon de poulet au ıencement du troi- jour de l'incubation.
es trois vésicules cérébrales. ıette cristallinienne et preıment du cristallin. — 5. ıculaire primitive en voie ıtion, se transformant en ıculaire secondaire. — 6, vé- ıitive provenant de la trans- de la fossette auditive.

Cristallin. — Le cristallin dérive directement de l'ectoderme. Pendant que la vésicule oculaire se forme, on constate un épaississement de l'ectoderme au-devant d'elle. Ce point épaissi se creuse d'une dépression (*fossette cristallinienne*) dont les bords se rapprochent et se soudent, d'où une cavité dite *vésicule cristallinienne.* De même que le canal neural s'est séparé de l'ectoderme, de même la vésicule cristallinienne s'en sépare également pour devenir indépendante et constituer une cavité, à paroi formée de cellules épithéliales. Ces dernières, du côté ıiderme, forment une simple couche de cellules cubiques, u côté de la rétine, dans la paroi postérieure de la vésicule

cristallinienne, elles s'allongent énormément, prennent l'aspect de fibres et vont rejoindre les cellules cubiques de la partie antérieure, en remplissant la cavité de la vésicule cristallinienne. Chacune de ces fibres représente une cellule avec son noyau (voy. *Œil*).

Oreille interne. — L'oreille interne vient directement de l'ectoderme. Sur les côtés de la base de la tête, il se forme une dépression (*fossette auditive*). Cette fossette, comme celle du cristallin, se sépare de l'épiderme et s'enfonce au milieu des cellules du mésoderme de la base du crane. Cette vésicule auditive formera l'origine des canaux demi-circulaires du limaçon et du vestibule (voy. *Oreille*).

Bourgeons du goût — Les bourgeons du goût, décrits en 1867 par Loven et Schwalbe, sont une modification de l'ectoderme. Ils siègent sur les papilles fongiformes et au bord des papilles caliciformes de la langue ; ils contiennent une grande quantité de fibres nerveuses entremêlées à des cellules épithéliales différenciées, rappelant les cellules neuro-épithéliales (voy. *Langue*).

Cellules olfactives. — Il en est de même des *cellules olfactives* qui seront décrites avec le nerf olfactif.

L'épithélium de la conjonctive, de la muqueuse du *canal nasal*, du *sac lacrymal* et des *conduits lacrymaux*, de la *pituitaire* et de la *muqueuse buccale* sont une production de l'ectoderme. Les *glandes salivaires* se forment par des diverticulums de la muqueuse buccale. Je compléterai ce paragraphe en étudiant les productions du mésoderme et particulièrement les masses mésodermiques de la tête et du cou. (Pour l'urètre, voy. *Appareil génito-urinaire*).

B. *Tissus, organes et appareils issus de l'endoderme.*

L'endoderme fournit la corde dorsale, le mésoderme l'épithélium de l'intestin et des glandes des parois de l'intestin (glandes de la muqueuse intestinale et glandes annexes, comme le foie et le pancréas). Il fournit encore l'épithélium des voies respiratoires.

1° **Corde dorsale.** — En même temps que se produit la gouttière médullaire sur l'ectoderme, on voit une gouttière semblable, axiale et longitudinale, se produire à la surface interne de l'endoderme. Cette gouttière se transforme rapidement en canal par soudure de ses deux bords. C'est ainsi que se forme la *corde dorsale* (voy. *Corde dorsale*, p. 93).

2° **Mésoderme**, feuillet moyen du blastoderme. Ce feuillet est une production de l'endoderme. On voit, en effet, de chaque côté de

la ligne médiane, sur la face ventrale de l'embryon, deux dépressions latérales se produire en même temps que la dépression médiane de la corde dorsale. Ces dépressions latérales représentent deux espèces de sacs qui se séparent rapidement de l'endoderme et qui s'étalent entre l'endoderme et l'ectoderme, en limitant une cavité dite *cœlome*. Du côté de la ligne médiane, les deux sacs mésodermiques se confondent en entourant la corde dorsale et le



Fig. 150. — Coupe transversale de la plaque embryonnaire après deux jours d'incubation (moitié gauche).

1, canal neural. — 2, cœlome où cavité pleuro-péritonéale. — 3, somatopleure. — 4, splanchnopleure. — 5, endoderme. — 6, ectoderme. — 7, prévertèbre. — 8, mésenchyme faisant suite à la prévertèbre.

canal médullaire ; vers les parties latérales, ils se portent dans l'épaisseur des lames ventrales de l'embryon et vont former la somatopleure et la splanchnopleure dont il a déjà été question (voy. *Mésoderme*, p. 126).

3° Intestin. — Je décrirai trois périodes ou phases, au développement du canal intestinal : 1° quand il communique largement avec le sac vitellin ; 2° quand il est relié au sac vitellin par le pédicule vitello-intestinal ; 3° quand il en est entièrement séparé.

Au moment où se montre l'ébauche embryonnaire, on constate une disposition particulière chez l'amphioxus et chez les amphibiens, qu'on retrouve également, mais déformée et d'existence fugace, chez les vertébrés supérieurs, d'après Prenant.

Le tube neural, le blastopore rétréci, et le canal intestinal par conséquent, communiquent ensemble.

Puis le blastopore forme l'anus, et le tube nerveux communique alors avec l'extrémité postérieure de l'intestin par un petit canal courbe, *canal neurentérique*. A ce moment, le tube neural et l'intestin forment un véritable siphon dont la partie courbe est le canal neurentérique.

Au moment de l'oblitération du canal neurentérique, l'extrémité de l'intestin, qui débouchait dans le tube neural, devient un cul-de-sac, le fond de l'intestin post-anal (fig. 151).

Première phase. — A mesure que la plaque embryonnaire s'incurve, les bords de la plaque se rapprochent et établissent une limite entre la portion intra-embryonnaire de l'endoderme et sa portion extra-embryonnaire. La portion intra-embryonnaire représente le rudiment de l'épithélium intestinal, la portion extra-embryonnaire sera le *sac vitellin interne* ou *vésicule ombilicale.* Jusque-là, la cavité intestinale est informe ; mais le repli céphalique se porte en arrière et recouvre un cul-de-sac de l'endoderme qui formera l'*intestin antérieur*. De même le repli caudal se porte d'arrière en avant pour former la paroi inférieure de l'*intestin postérieur*.

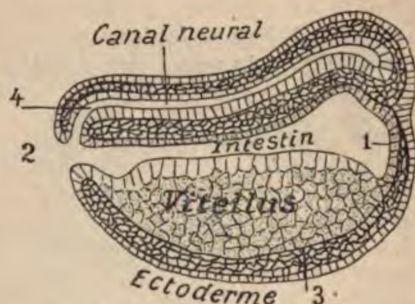


Fig. 151. — Coupe longitudinale d'une larve de grenouille (d'après Götte).

Dans cette figure on voit l'endoderme tapisser la cavité de l'intestin, l'ectoderme à la surface externe et le mésoderme, 3, entre les deux. — 2, est le blastopore, ouverture postérieure de la cavité intestinale. — 4. est le canal neurentérique mettant en communication l'extrémité postérieure du canal neural avec l'extrémité postérieure de l'intestin.

Dans toute son étendue, la surface externe de l'endoderme est revêtue par le feuillet interne du mésoderme, aussi bien au niveau de la plaque embryonnaire que sur le pédicule et sur la vésicule ombilicale. La somatopleure (union du feuillet externe du mésoderme et de l'ectoderme), s'avance également vers l'ombilic pour entourer ensuite le pédicule ainsi que la vésicule ombilicale sur laquelle elle forme une enveloppe appelée *sac vitellin externe*. Les deux sacs vitellins sont séparés par les deux feuillets du mésoderme, entre lesquels est un espace virtuel, le *cœlome extra-embryonnaire,* continuation du cœlome intra-embryonnaire.

Deuxième phase. — Dans une période un peu plus avancée, les replis céphalique, caudal et latéraux, de l'embryon s'avancent vers le pédicule vitello-intestinal pour former l'ombilic ; l'intestin prend la forme d'un tube rectiligne, qu'on peut diviser en trois portions : intestin antérieur, intestin moyen et intestin postérieur.

Si l'intestin est formé dans sa plus grande partie par l'endo-

derme, il ne faut pas perdre de vue que l'ectoderme forme les deux extrémités du tube digestif. En effet, au pôle oral, bouche, l'ectoderme se déprime en doigt de gant, pour former le *stomodœum* (Balfour), ou *fossette buccale*, limitée au fond par la membrane pharyngienne (1).

De même, au pôle aboral, l'ectoderme forme une dépression analogue, en forme de doigt de gant, et constitue le *proctodœum*



Fig. 152. — Coupe longitudinale schématique d'un embryon de poulet.

1, canal neural. — 2, vésicule cérébrale moyenne. — 3, vésicule cérébrale antérieure. — 4, corde dorsale se terminant en arrière de cette vésicule. — 5, *Aditus posterior ad intestinum*. — 6, *Aditus anterior*. — 7, membrane pharyngienne entre la dépression buccale et le pharynx. — 8, capuchon caudal. — 9, intestin antérieur. — 10, intestin postérieur. — 11, pédicule vitello-intestinal. — 12, allantoïde. — 13, capuchon céphalique. — 14, sillon circulaire formé autour de l'embryon par le rétrécissement de la somatopleure et de la splanchnopleure. 15, 15, replis allant former l'amnios. — 16, 16, portion extra-embryonnaire de la somatopleure et de la splanchnopleure. — 17, portion extra-embryonnaire du cœlome. Entre 8 et 12 on voit la membrane anale qui n'est pas marquée par un chiffre (d'après Prenant).

(Balfour), ou *fossette anale*, limitée au fond par la membrane anale ou cloacale. Lorsque la destruction de cette membrane n'a pas lieu, il y a imperforation du rectum. Dans quelques cas, l'imperforation n'est pas limitée au défaut de destruction de la membrane anale, mais le fond de l'intestin postérieur et le proctodœum sont séparés par un intervalle assez considérable (fig. 153).

L'intestin antérieur est un cul-de-sac de l'endoderme dont le fond vient s'accoler à l'ectoderme pour former la *membrane pharyngienne*. En se rétrécissant, l'intestin antérieur formera le pharynx et l'œsophage, qui seront d'abord très courts, mais qui s'allongeront ensuite à mesure que le cœur descendra pour prendre sa place, et que le thorax se formera.

La membrane pharyngienne, analogue à la membrane cloacale ou anale, est formée par l'adossement de l'endoderme intestinal et de l'ectoderme du stomodœum, sans interposition du mésoderme.

(1) La membrane pharyngienne disparaît rapidement chez les vertébrés, mais chez les *Cyclostomes*, elle présente seulement une ouverture centrale et prend le nom de *velum*.

Cette région, dépourvue de mésoderme, a reçu le nom de *zone amésodermique*.

La cavité intestinale communique largement avec la vésicule ombilicale.

L'intestin moyen s'étend de l'œsophage au cloaque ; il comprend toute la portion du tube digestif qui est recouverte par le péritoine. L'estomac, d'abord rectiligne et tubuleux, se dilate et prend

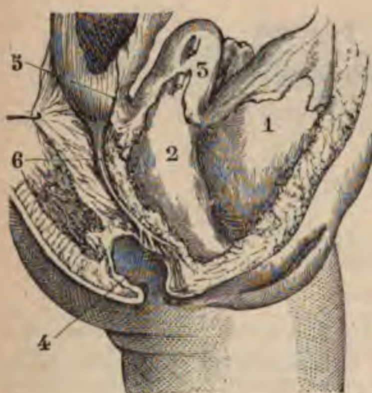


Fig. 153. — Imperforation de l'anus. Sexe féminin.

1, vessie. — 2, vagin. — 3, utérus. — 4, cul-de-sac anal. — 5, cul-de-sac rectal. — 6, cordon fibro-musculaire allant se fixer au vagin et au cul-de-sac anal (Holmes).



Fig. 154. — Imperforation de l'anus. Sexe masculin.

1, rectum ouvert en avant. — 2, vessie. — 3, cul-de-sac anal. — 4, cul-de-sac rectal (Holmes).

une direction horizontale ; le duodénum s'applique contre la colonne vertébrale. Les anses intestinales se dessinent et l'une d'elles se continue avec le pédicule vitello-intestinal et la vésicule ombilicale. Le jéjunum et l'iléon se forment au-dessus de cette anse, tandis que le gros intestin se développe au-dessous jusqu'à la partie supérieure du rectum. En même temps, on voit se former l'épiploon gastro-hépatique et le mésentère.

L'intestin postérieur comprend l'extrémité terminale du rectum et le cloaque. L'intestin moyen, pendant qu'il est en communication avec la vésicule ombilicale, directement ou par l'intermédiaire du conduit vitello-intestinal, se continue largement avec l'intestin antérieur et l'intestin postérieur. On appelle *aditus anterior ad intestinum et aditus posterior* les orifices de communication entre l'intestin moyen et l'intestin antérieur et postérieur.

Troisième phase. — Les circonvolutions se dessinent ; l'anse

intestinale, séparée de la vésicule ombilicale, rentre dans l'abdomen avec un vestige du pédicule de la vésicule ombilicale qui formera le *diverticule de Meckel*. Vers la fin du deuxième mois de la vie intra-utérine, on voit de petits prolongements de l'épithélium de l'estomac, sous forme de cordons pleins, qui se creuseront d'une cavité au troisième mois ; tel est le mode de développement des glandes stomacales. Les glandes de Lieberkühn se montrent de la même manière au quatrième mois, les glandes de Brünner au cinquième, et les plaques de Peyer du sixième au septième.



Fig. 155. — Extrémité postérieure d'un embryon humain de 3 millimètres (d'après Keibel).

1, extrémité inférieure du canal neural. — 2, corde dorsale. — 3, conduit allantoïdien (ouraque). — 4, cloaque. — 5, queue de l'embryon. 6, membrane cloacale.

Dès le troisième mois, l'intestin se recouvre de *villosités* depuis l'estomac jusqu'au rectum. Vers la fin de la grossesse, elles commencent à disparaître sur l'estomac et sur le gros intestin, et elles s'effacent complètement pendant les premières années qui suivent la naissance.

Pour compléter le développement du tube digestif, j'ai quelques mots à dire sur le cloaque, la membrane anale, et certaines formations transitoires.

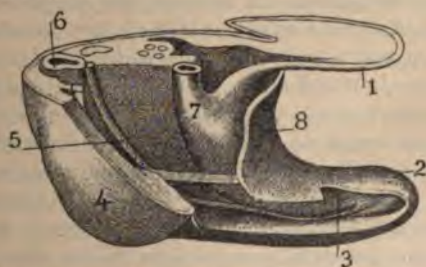


Fig. 156. — Extrémité postérieure d'un embryon humain de 4 millimètres de long (d'après Keibel).

1, conduit allantoïdien (ouraque). — 2, extrémité caudale de l'embryon. — 3, intestin caudal. — 4, membre postérieur. — 5, corde dorsale. — 6, coupe du canal neural. — 7, intestin au-dessous duquel est le cloaque (fusion de la vessie et de l'intestin). — 8, membrane cloacale.

Cloaque. — On appelle cloaque la portion terminale de l'intestin dans laquelle se rendent les produits excrémentitiels de l'intestin et des organes urinaires. Il n'existe que dans les premiers jours de la vie embryonnaire chez les vertébrés, mais chez quelques

espèces animales, les oiseaux par exemple, il est permanent et sert de réservoir commun à l'urine et aux matières fécales.

C'est d'abord un cul-de-sac, formé par la partie inférieure un peu dilatée du gros intestin, et se terminant en bas et en avant à la membrane anale.

La *membrane anale* est formée par l'adossement de l'ectoderme et de l'endoderme intestinal sans interposition du mésoderme, absolument comme la membrane pharyngienne. Les feuillets épithéliaux qui la composent se résorbent et il se forme une ouverture qui est l'*anus*.

De chaque côté du cloaque, il se forme un renflement, une dilatation ; ce sont les *cornes latérales* du cloaque dans lesquelles s'ouvrent les canaux de Wolff, *spermiductes*, et les canaux de Müller, *oviductes*. Les côtés de la paroi postérieure du cloaque se portent en avant pour constituer une gouttière dont les bords viennent se souder sur la ligne médiane de manière à former la paroi antérieure du rectum, paroi qui s'adosse à la vésicule allantoïde située en avant, et devant fournir la vessie.

Le bord inférieur de la paroi antérieure du rectum ou *cloison rectale* constitue le périnée et divise l'anus primitif en deux ouvertures, l'une, postérieure, qui formera le véritable anus, l'autre, antérieure, qui prend le nom d'*orifice uro-génital*.

Dès le moment où la paroi antérieure du rectum s'est constituée, il n'y a plus de cloaque et la cavité de ce dernier se trouve divisée en deux parties par une cloison transversale, la vessie et le rectum.

Par suite de l'involution du rectum, les canaux de Müller et les canaux de Wolff, qui s'ouvraient dans les cornes latérales du cloaque, se trouvent portés en avant, et inclus dans l'épaisseur de la cloison recto-allantoïdienne, qui deviendra cloison *recto-vésicale* chez l'homme et *recto-vaginale* chez la femme. Dans la cloison recto-vésicale, le canal de Wolff donne un diverticulum, la *vésicule séminale*, puis il vient s'ouvrir sur la paroi inférieure de la portion prostatique de l'urètre, où il forme le *canal éjaculateur*, à côté de l'*utricule prostatique*, vestige du canal de Müller.

Chez la femme, les deux conduits de Müller s'adossent, et s'insinuent, en se confondant, entre le rectum et l'allantoïde, pour donner naissance au vagin et à l'utérus.

4° Foie. — Le foie apparaît chez l'embryon vers le milieu du troisième jour de l'incubation, sous forme de deux diverticules pleins, venus du duodénum, et se creusant un peu plus tard d'une cavité. Ces diverticules sont formés par prolifération des cellules épithéliales de l'endoderme qui se disposent ensuite en séries de manière à constituer un canal.

Ces canaux s'allongent, se divisent, entrent en communication les uns avec les autres, pour former les *conduits biliaires*, au milieu des nombreux éléments fournis par le mésoderme.

L'endoderme et le mésoderme concourent donc à la formation du foie, et le développement de cet organe pourrait être aussi bien décrit avec celui des autres produits du mésoderme.

L'un des diverticules forme le lobe droit du foie, l'autre le lobe gauche.

Vers le cinquième jour, un diverticule, en forme d'ampoule, naît des conduits biliaires pour former la *vésicule biliaire*.

Les deux diverticules épithéliaux, partis du duodénum, s'insinuent dans la couche profonde de la splanchnopleure et plongent au milieu de ses éléments mésenchymateux qui se transforment sur place pour donner naissance aux vaisseaux, aux globules du sang, au tissu conjonctif, aux nerfs et aux fibres musculaires, c'est-à-dire à tous les éléments du foie (voy. *Développement des capillaires*).

Selon Schenk, l'endoderme ne fournirait que l'épithélium des conduits biliaires et de la vésicule biliaire, tandis que le mésoderme donnerait naissance à tous les autres éléments du foie, y compris les parois des conduits et de la vésicule biliaire.

Kuborn, de Liège, en 1890, a étudié la formation de *bourgeons vasculaires vaso-formatifs*, déjà signalés, par Neumann, dans le foie. Ces bourgeons, *cellules géantes du foie embryonnaire* de quelques auteurs, ne seraient autre chose que des prolongements nucléés des parois vasculaires. Ces bourgeons donneraient naissance aux parois des vaisseaux et aux globules sanguins, en deux phases distinctes, que l'auteur a étudiées particulièrement sur des embryons de mouton.

Dans la *première phase*, pendant laquelle l'embryon n'a pas encore acquis trois centimètres de longueur, on constate que les noyaux des bourgeons vasculaires se multiplient et s'entourent d'une couche de protoplasma, de manière à former des cellules transparentes et hyalines dans lesquelles se développe peu à peu l'hémoglobine : telle est l'origine des *globules rouges nucléés*. Le développement et l'élaboration de ces globules nucléés *hépatiques* se font dans les mêmes conditions que dans les îlots de Wolff de l'*area vasculosa*.

Dans la *seconde phase*, l'embryon du mouton ayant atteint trois centimètres de longueur, on voit se produire, au milieu du protoplasma, des bourgeons vasculaires, des globules sanguins isolés avec hémoglobine. Dépourvus de noyaux, ces globules deviennent libres dans la cavité du vaisseau pendant que les autres éléments, refoulés, constituent la paroi du capillaire.

On voit donc que le *foie embryonnaire* est le siège d'une *hén topoïèse* assez active, et qu'il s'y développe des globules sangu embryonnaires nucléés et des globules sanguins de l'adulte r nucléés.

5° **Pancréas.** — Le pancréas se montre en même temps que oie, et pour ainsi dire de la même manière. Sur le même pc qui a donné naissance aux diverticules du foie, au troisième j de l'incubation, il se produit du côté gauche un autre divertic plein, qui se creuse ensuite, se ramifie et donne naissance canal pancréatique. Ces ramifications se répandent dans la cou profonde de la splanchnopleure, dont les éléments mésenchyı teux formeront les vaisseaux, le tissu conjonctif, en un mot t les éléments du pancréas, moins la couche épithéliale des cana Telle est aussi la manière de voir de Schenk.

Trois jours plus tard se développe de la même manière le c duit accessoire du pancréas.

6° **Rate.** — La rate, organe formateur de globules blancs et globules rouges, en même temps que destructeur des globı rouges, (voy. *Rate*), apparaît chez l'embryon vers la sixiè semaine.

Les auteurs sont loin de s'accorder sur le siège des premi rudiments de la rate. Les dernières recherches, tenues pour plus précises, sont celles de E. Laguesse (*Journal de l'Anat. et la Physiol.*, 1890).

Elle vient du mésoderme. Elle se manifeste par un léger ép sissement de la face profonde de l'épithélium du cœlome, futur p toine, sur un petit repli qui relie l'intestin à la paroi postérie du corps et appelé *mésogastre*. Elle naît au contact de l'ébau pancréatique postérieure, près de la veine sous-intestinale.

Cet épaississement est formé d'un petit amas de cellules més chymateuses du mésoderme, cellules anastomosées en rés par leurs prolongements. Ce réseau présente des sortes de *na* où se trouvent les noyaux de ces cellules. Au milieu de ce rése on constate la présence de cellules mésenchymateuses arrond restées libres. Ce sont les *noyaux d'origine* de Pouchet.

Ces cellules anastomosées, véritable *tissu réticulé*, formeron substance intérieure de la rate autour de laquelle se constituer les cloisons, les travées et l'enveloppe de la rate. Ce tissu ne doı pas de gélatine par la coction, tandis que les autres parties, : mées de fibrilles conjonctives, donnent de la gélatine.

Tout à fait au début, la rate est en rapport seulement avec origines de la veine splénique ; elle est un *diverticule réticulé*

système veineux porte. Ce n'est que plus tard qu'elle recevra des branches artérielles de l'*artère sous-intestinale*.

Les cellules restées libres formeront des *lymphocytes*, qui donneront soit des leucocytes proprement dits, soit des *hématoblastes nucléés* (voy. *Rate et Sang*).

7° **Voies respiratoires**. — L'appareil de la respiration, appareil aérien, est une production de l'intestin antérieur, c'est-à-dire de l'endoderme, aux dépens de la paroi antérieure du pharynx. Cette opinion, formulée par Kölliker, est généralement admise ; cependant, Renaut assigne aux voies respiratoires une origine ectodermique : elles naîtraient d'un diverticule de la muqueuse qui tapisse la lèvre inférieure de la première fente branchiale. Autrement dit, l'épithélium des voies aériennes viendrait de l'*ectoderme stomodœal*.

C'est vers le milieu du troisième jour de l'incubation que Remak a constaté, chez le poulet, la formation d'un petit diverticule, sorte de fossette, qui se montre sur la paroi antérieure du pharynx. Chez l'homme, cette apparition aurait lieu le trente-cinquième jour de la vie intra-utérine.

Le diverticule aérien se divise et forme un double sac, selon Kölliker, communiquant avec le pharynx par une ouverture unique. Les deux sacs pulmonaires sont formés par un épithélium doublé, à l'extérieur, d'une lame vitrée. Telle est l'origine de l'ébauche du *poumon épithélial*.

Situé dans l'épaisseur de la splanchnopleure, le poumon épithélial s'entoure d'une couche d'éléments mésodermiques lui formant une sorte de calotte dans laquelle se développeront les vaisseaux, rudiments du *poumon sanguin*.

La *trachée-artère* se forme par allongement de l'ouverture unique dans le pharynx. L'intérieur de la cavité pulmonaire se développe de manière à constituer les bronches, les divisions bronchiques et les lobules pulmonaires. La masse pulmonaire, en se développant, refoule l'épithélium viscéral du cœlome, c'est-à-dire l'épithélium qui recouvre la splanchnopleure et qui formera désormais l'épithélium pleural.

On n'est pas encore bien fixé sur le mode de développement du *larynx*. Suivant Reichert, les cartilages thyroïde et cricoïde auraient pour origine les deux derniers arcs pharyngiens.

Le *corps thyroïde*, d'après Müller, apparaît chez le poulet vers le troisième jour de l'incubation, sous forme d'un cul-de-sac de l'endoderme pharyngien. Les deux lobes se montrent du cinquième au septième jour, et au bout de trois semaines tous les éléments du corps thyroïde, y compris les follicules clos, sont développés.

Le *thymus* se montre chez l'homme à la fin du deuxième mois. Il se développe, d'après Simon, aux dépens du mésoderme, parallèlement aux gros vaisseaux du cou. Remak et Ch. Robin lui donnaient, à tort, pour origine un prolongement de la muqueuse des voies respiratoires.

C. *Mésoderme, feuillet moyen du blastoderme : tissus, organes et appareils qui en dérivent.*

Le feuillet moyen du blastoderme est extrêmement important par le nombre des organes qu'il fournit. Avant de parler de ces organes, je dois faire connaître le développement de ce feuillet intermédiaire du blastoderme.

Apparition et développement du mésoderme.

Le mésoderme apparaît un peu avant la corde dorsale vers la fin du premier jour de l'incubation. Pendant l'évolution de la corde dorsale, sur la ligne médiane de la face ventrale de l'embryon, autrement dit de l'intérieur de la gastrula, on observe, de chaque côté de la ligne médiane, une modification de l'endoderme. Il se forme deux dépressions, par évagination de l'endoderme. Ces dépressions augmentent et donnent naissance à deux sacs ainsi qu'on peut le voir sur la figure 157.

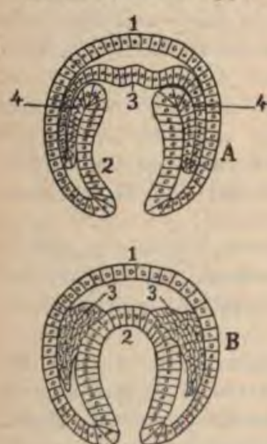


Fig. 157. — Deux coupes de gastrula pour montrer la formation du mésoderme.

A, formation du mésoderme par entérocœle. — 1, ectoderme. — 2, endoderme. — 3, future cavité intestinale, ou archentéron. — 4, 4, invagination de l'endoderme, formation du mésoderme par entérocœle.

B, formation du mésoderme par schizocœle. — 1, ectoderme. — 2, endoderme et intestin. — 3, 3, mésoderme.

Ces deux sacs, dont les cellules prolifèrent activement, se répandent, s'étalent entre l'endoderme et l'ectoderme, viennent se confondre vers l'axe de l'embryon, et dépassent les limites de la plaque embryonnaire pour se répandre dans les annexes de l'embryon.

Ce mode de développement est connu sous le nom d'*entérocœle*. Chez quelques animaux, chez les batraciens en particulier, le mésoderme, au lieu d'être formé par des sacs, se développe par épaississement de la paroi de l'endoderme, et séparation d'une couche de cellules, qui s'interposent entre l'endoderme et l'ectoderme, comme

le cas précédent. On donne le nom de *schizocœle* à ce mode veloppement.

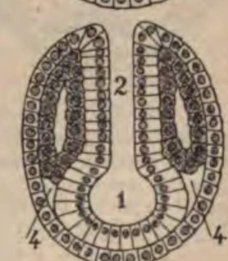
déjà indiqué plusieurs fois quelles sont les productions ermiques et endodermiques, je répéterai pas ici. Je dirai seule-en deux mots que le mésoderme urt beaucoup plus que l'endo-e et l'ectoderme à l'édification de ryon.

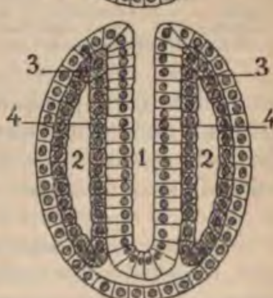
enchyme. — On donne ce nom amas de cellules spéciales nées ésoderme, *cellules mésenchyma-*, *masse mésenchymateuse*. Ces es prolifèrent activement ; elles louées de mouvements amiboïdes iques au moyen desquels elles nt, rampent, entre l'ectoderme et derme pour former les divers . Elles ont une forme étoilée.

ucture. — Le mésoderme (1) n'est une couche franchement épithé-comme les deux autres feuillets astoderme. Il contient bien une ne catégorie de cellules épithé-qui donneront naissance à l'en-lium de la cavité pleuro-périto-









8. — Quatre phases de la gastrula pour trer la formation du mésoderme et du me (mammifères).

ière figure. — Gastrula avec son futur intestin, pore 1, l'endoderme 2, et l'ectoderme 3.

ième figure. — L'intestin, 1, s'accentue; le blas-2, se canalise; le mésoderme, 3, s'insinue entre rme et l'endoderme.

ième figure. — Le cœlome commence à se mon-milieu du mésoderme. Mêmes chiffres.

ième figure. — Cœlome plus développé. — tin. — 2, 2, cœlome. — 3, 4, feuillet viscéral me ou cavité pleuro-péritonéale.

, mais il est surtout formé par une masse de cellules parti-es, étoilées, douées de mouvements amiboïdes énergiques, et

e *mésos*, μεσος, milieu, mitoyen, et *cuma*, κυμα, bourgeon, jeune pousse, tion intermédiaire.

séparées par une substance intercellulaire. On donne à cette masse cellulaire le non de *mésenchyme*.

Chez les *cœlomates*, dont le cœlome sépare nettement la splanchnopleure de la somatopleure, et chez les vertébrés par conséquent, le mésoderme est formé d'éléments épithéliaux et d'éléments mésenchymateux. Les premiers, formant *l'épithélio-mésoderme*, constituent la paroi même de la cavité cœlomique et ne sont pas



Fig. 159. — Coupe transversale schématique d'un jeune embryon de vertébré destinée à montrer le cœlome et le mésenchyme au milieu duquel se trouve le cœlome.

1, gouttière médullaire. — 2, corde dorsale. — 3, ectoderme. — 4, endoderme et intestin. — 5, somatopleure. — 6, splanchnopleure. — 7, plaques musculaires de la splanchnopleure (d'après Roule).



Fig. 159 *bis*. — Organisme d'un *cœlentéré* dans lequel les cellules du mésoderme mésenchymateux ne sont pas encore différenciées en épithélium et mésenchyme proprement dit.

1, entéron. — 2, endoderme. — 3, ectoderme. — 4, cellules mésenchymateuses. — 5, substance intercellulaire.

immédiatement appliqués contre l'ectoderme et l'endoderme ; les éléments mésenchymateux les en séparent. Il résulte de la présence du mésenchyme au-dessous de l'épithélium, qu'on peut établir un certain nombre de couches parfaitement distinctes dans la structure des parois du cœlome.

Il y aurait donc, dans la paroi externe, des parties superficielles vers les parties profondes : 1° l'ectoderme ; 2° le somato-mésenchyme, lame fibro-cutanée du mésoderme, ou mésenchyme sous-épithélial ; 3° l'épithélium limitant le feuillet pariétal du cœlome ; 4° la cavité cœlomique avec le liquide qu'elle contient et les cellules suspendues dans ce liquide.

La paroi interne serait formée ; 1° par l'endoderme ; 2° par le splanchno-mésenchyme, lame fibro-intestinale, ou mésenchyme

sous-épithélial ; 3° par l'épithélium limitant le feuillet viscéral du cœlome.

Le mésenchyme est destiné à produire le tissu conjonctif et tout ses dérivés, y compris les fibres musculaires d'origine conjonctive. Il se répand partout grâce aux mouvements amiboïdes des cellules et il donne naissance aux premiers vaisseaux sanguins, d'où les noms de *feuillet vasculaire* et de *germe connectivo-sanguin* qui lui ont été donnés.

Les éléments mésenchymateux sont plus abondants vers la ligne médiane, vers l'axe de l'embryon où nous les retrouverons plus loin.

On distingue un *mésenchyme primitif* et un *mésenchyme secondaire*. Le mésenchyme primitif se forme au niveau du *bourrelet endodermo-vitellin*, entre l'endoderme et les parties profondes du feuillet mésodermique ; il est là l'origine des premiers vaisseaux sanguins de l'*area vasculosa*. De ce point, les vaisseaux nouvellement formés se dirigent de dehors en dedans vers l'embryon, pour se mettre en rapport sur le *mésenchyme secondaire* dont les éléments se différencient sur place pour former les vaisseaux et les tissus de substance conjonctive.

Les cellules du mésenchyme prennent, pour la plupart, une forme étoilée et elles exhalent autour d'elles une substance molle intermédiaire. Les unes, nombreuses, conserveront leur forme et deviendront les corpuscules du tissu conjonctif, d'autres se différencieront en cellules cartilagineuses, en cellules musculaires, d'autres enfin en cellules épithéliales d'une espèce particulière. Ces dernières ne sont autre chose que les endothéliums de His ; épithéliums des vaisseaux, des membranes séreuses et d'une grande partie des organes génito-urinaires.

— Pour étudier avec fruit le mésoderme, je le diviserai en trois portions : une *portion interne* formée par la réunion, sur la ligne médiane, des mésodermes droit et gauche dans la région du canal neural ; une *portion externe* dédoublée pour former les parois de de la cavité pleuro-péritonéale ; une *portion moyenne* située de chaque côté de l'axe de l'embryon, entre les deux autres portions.

Portion interne du mésoderme. — Le mésoderme interne est celui qui se porte vers la ligne médiane où il se confond avec celui du côté opposé. Les cellules mésenchymateuses entourent le canal neural (de l'ectoderme) et la corde dorsale (de l'endoderme) ; elles donneront naissance aux vertèbres, aux disques inter-vertébraux, au crâne, aux enveloppes des centres nerveux et aux muscles striés dont le point de départ est dans les prévertèbres.

Portion moyenne du mésoderme. — Le mésoderme moyen est celui qui est compris entre le précédent et la cavité pleuro-péritonéale dont je parlerai dans un instant.



Fig. 160. — Coupe schématique de la plaque embryonnaire destinée à montrer les diverses portions du mésoderme, ou feuillet moyen du blastoderme. La disposition de l'ectoderme et de l'endoderme facilite l'intelligence de la figure.

1, 1, cœlome, cavité ou fente pleuro-péritonéale. — 2, 2, endoderme et splanchnopleure. — 3, 3, ectoderme et somatopleure. — 4, 4, crête génito-urinaire et épithélium germinatif à l'angle de séparation de la somatopleure et de la splanchnopleure. — 5, canal neural. — 6, 6, corps de Wolff. — 7, 7, canal de Wolff. — 8, 8, canal de Muller. — 9, coupe des aortes. — 10, 10, évagination de l'endoderme pour montrer l'entérocœle au moment de la formation du mésoderme. Le ponctué noir indique les cellules mésenchymateuses.

Cette portion moyenne est divisée en deux portions, une interne, voisine des prévertèbres, et une externe, désignée depuis Foster et Balfour sous le nom de *masse cellulaire intermédiaire*. Cette dernière s'étend jusqu'aux deux feuillets du mésoderme externe,



Fig. 161. — Coupe transversale d'un embryon le quatrième jour de l'incubation (moitié gauche de la coupe).

1, coupe du canal neural. — 2, cavité pleuro-péritonéale ou cœlome. — 3, 6, ectoderme. — 4, splanchnopleure. — 5, endoderme. — 7, prévertèbre et cellules mésenchymateuses voisines. — 8, ilot sanguin. A droite du canal médullaire on voit une petite figure ovalaire qui représente un ganglion rachidien.

séparés par la cavité pleuro-péritonéale. C'est dans son épaisseur que se développent le canal de Wolff, le corps de Wolff et le canal de Müller. La partie la plus externe fait saillie dans la cavité pleuro-péritonéale sous forme de crête, *crête génito-urinaire*. Sur

cette crête se trouve l'*éminence sexuelle* tapissée par l'*épithélium germinatif* (fig. 160, 1). De cette masse cellulaire intermédiaire naîtront les reins. Le testicule et l'ovaire dériveront de l'épithélium germinatif qui formera les *tubes de Pflüger* (voy. *Ovule*).

Portion externe du mésoderme. — Le mésoderme, compact en dedans, où il a formé les prévertèbres et la masse cellulaire intermédiaire, se divise en deux feuillets sur le bord externe de la



Fig. 162. — Coupe transversale du corps de l'embryon montrant le mésoderme et ses prolongements à travers le conduit vitello-intestinal (figure schématique).

1, épithélium germinatif sur la crête génito-urinaire. 2 — 3, canal de Muller. — 3', gouttière devant former le canal de Muller. — 4, cul-de-sac entre la crête génito-urinaire et la somatopleure. — 5, 5, canal de Wolff. — 6, 6, corps de Wolff. — 7, 7, uretères. — 8, moelle épinière. 9, corde dorsale. — 10, aortes.

masse intermédiaire, au-dessus et au-dessous de la crête génito-urinaire dont je viens de parler. Ces deux feuillets limitent une cavité, appelée *cœlome* (1) ou *cavité pleuro-péritonéale* parce qu'elle formera la plèvre et le péritoine, et se dirigent en dehors vers les *flancs de l'embryon*.

(1) Du grec : *coïloma*, κοῖλωμα, cavité.

Le *feuillet supérieur* (1), *lame somatique*, ou *lame fibro-cutanée*, s'applique à la face profonde de l'ectoderme pour former, avec ce feuillet épithélial, la *somatopleure* (*soma*, σῶμα, corps, et *pleuron*, πλευρον, côté).

Le *feuillet inférieur* (2), *lame splanchnique*, ou *lame fibro-intestinale*, vient doubler la face supérieure de l'endoderme pour former la *splanchnopleure* (du grec *splanchnos*, σπλαγχνος, entrailles, et *pleuron*, πλευρον, côté).

Les éléments mésenchymateux de la lame fibro-cutanée se répandent dans la paroi du corps et dans les membres pour y remplir les interstices qui existent entre les éléments musculaires striés venus des prévertèbres. Quoique les muscles lisses proviennent de la splanchnopleure, quelques-uns de ces éléments naissent de la somatopleure, par exemple les fibres musculaire des artères, des veines et des lymphatiques.

Les éléments mésenchymateux de la splanchnopleure, ou lame splanchnique, donnent naissance aux muscles lisses de l'intestin, des autres viscères et de leurs vaisseaux.

Dans les deux lames, des cellules mésenchymateuses s'aplatissent à la surface des cylindraxes, où se développera plus tard la myéline. Sur les limites de la cavité pleuro-péritonéale et à l'intérieur des vaisseaux, les cellules s'adapteront à la forme endothéliale et donneront naissance aux endothéliums des vaisseaux et des membranes séreuses. Donc, les membres et les parois du tronc, à l'exception de l'épiderme et des fibres nerveuses, sont complètement formés par les éléments du mésoderme.

Nous verrons plus loin que la somatopleure et la splanchnopleure, ainsi que la cavité virtuelle pleuro-péritonéale qui les sépare, se continuent vers l'ombilic, du côté de l'extrémité céphalique, de l'extrémité caudale et des bords latéraux, ou flancs, et même plus loin, dans le conduit vitello-intestinal et jusque dans les parois de l'œuf.

— Pour résumer l'histoire un peu longue du mésoderme, je ferai remarquer en premier lieu que ce feuillet moyen du blastoderme donne naissance à presque tous les organes et tissus de l'embryon.

Si nous exceptons les *dérivations de l'endoderme*, si nous exceptons encore les *productions de l'ectoderme*, peu nombreuses, on peut dire que le mésoderme fournit tout le reste.

(1) Synonymes : *mésoderme pariétal*, *mésoderme somatique*, *feuillet pariétal moyen*, *somatopleure*.

(2) Synonymes ; *mésoderme viscéral*, *mésoderme splanchnique*, *feuillet viscéral moyen*, *splanchnopleure*.

Nous avons vu que le mésoderme et ses cellules mésenchymateuses, séparant dans toute leur étendue l'ectoderme et l'endoderme, forment une masse unique et compacte du côté de l'axe de l'embryon, et deux feuillets distincts vers les flancs de l'embryon.

Vers la *ligne médiane*, il forme les enveloppes fibreuse et osseuse de la corde dorsale et de la moelle épinière (rachis), les enveloppes molles et dures de l'encéphale, (crâne), les parties dures et molles de la face et du cou. C'est encore vers la ligne médiane que le mésoderme fournit les prévertèbres où prennent naissance les îlots musculaires d'où procéderont tous les muscles striés du corps. C'est là ce que j'ai appelé la *portion interne* du mésoderme.

J'ai dit que la *portion moyenne* située entre la portion interne et le dédoublement externe en lame fibro-cutanée et lame fibro-intestinale, connue sous le nom de masse cellulaire intermédiaire, donnait naissance au rein primitif d'abord, au rein définitif ensuite, au canal de Wolff, au canal de Müller, à l'éminence sexuelle et par conséquent, au testicule et à l'ovaire, et enfin à l'épithélium germinatif formant le sommet de la crête génitale. L'épithélium des organes génito-urinaires vient également du mésoderme excepté celui de la vessie et de l'urètre profond (endoderme) et celui de l'urètre antérieur (ectoderme).

La *portion externe*, dédoublée en lame fibro-cutanée et lame fibro-intestinale, que sépare la cavité pleuro-péritonéale, donne naissance à un grand nombre de tissus.

La lame fibro-cutanée fournit les os, les muscles, les vaisseaux, le tissu conjonctif, le derme de la peau, les parois du tronc, tout en un mot, excepté l'épiderme et les filets nerveux : elle fournit de plus l'épithélium du feuillet pariétal de la cavité pleuro-péritonéale.

La lame fibro-intestinale donne naissance à l'épithélium du feuillet viscéral de la séreuse limitant la cavité pleuro-péritonéale, à tous les tissus de l'intestin en dehors de l'épithélium, c'est-à-dire muqueuse avec ses villosités, muscles lisses, tissu conjonctif, vaisseaux. Cette lame fournit encore l'appareil respiratoire, les viscères en général, y compris le cœur, tous les muscles lisses de l'appareil de la digestion et de la respiration. Nous avons vu que les vaisseaux, nés dans la couche la plus profonde de la lame fibro-intestinale, en dehors de l'endoderme, peuvent aussi prendre naissance dans l'épaisseur des deux lames du mésoderme.

Tissus, organes et appareils issus du mésoderme.

En réalité, je le répète, tout ce qui est fourni par le mésoderme vient indirectement de l'endoderme, puisque l'endoderme donne

naissance au mésoderme lui-même. Mais il faut remarquer la différence de constitution de ces deux feuillets ; l'endoderme est un simple feuillet épithélial tandis que le mésoderme est une sorte de gangue écartant les épithéliums ectodermique et endodermique, et formant la masse mésenchymateuse dont il a déjà été question.

Pour mettre un peu d'ordre dans mon exposition, je décrirai d'abord les productions mésodermiques situées sur la ligne médiane, *productions axiales*, et ensuite celles des parties latérales, *productions latérales*.

A. *Productions axiales du mésoderme.*

Nous aurons à étudier ici le développement des prévertèbres, de la colonne vertébrale, du crâne, des méninges, de la face et du cou.

Prévertèbres. — Au moment où le mésoderme naît de l'endoderme par entérocœle, il se fait rapidement une scission entre le mésoderme et l'endoderme. L'ouverture de celui-ci se ferme et les deux membranes sont indépendantes. Aussitôt après, le mésoderme, de chaque côté du tube neural, se divise en deux portions, l'une externe qui se sépare en deux feuillets, somatopleure et splanchnopleure, séparés par le cœlome, l'autre interne, qui cotoie le tube neural et qui prend le nom de *prévertèbre*.

La prévertèbre, qui a la même étendue que le tube neural, se divise rapidement en une série de segments alternativement clairs et sombres qui rappellent la disposition des vertèbres. Ces segments ont été nommés *vertèbres primitives* ou *protovertèbres*. Mais on a reconnu que ces segments n'ont aucune relation avec les vertèbres, et on leur a donné le nom de *prévertèbres*, *myomères*, *myotomes*, ou *segments musculaires*, parce qu'ils ont un rapport intime avec le système musculaire.

Les cellules mésenchymateuses de la portion interne du mésoderme se portent vers la ligne médiane et se confondent avec celles du côté opposé pour former, les unes, la colonne vertébrale, les autres les méninges rachidiennes, l'aorte, etc. Mais en dehors du tube neural, il existe une colonne de cellules, parallèles au tube nerveux, la *prévertèbre*, qui se différencie d'une manière spéciale pour former les segments musculaires ou prévertèbres.

Les cellules étoilées perdent leurs prolongements et deviennent ovalaires. Le *sarcoplasme* prend alors naissance et entoure la cellule à laquelle il forme une gaine. Il s'accumule aux extrémités et se transforme définitivement en fibres.

Les cellules du mésenchyme ainsi modifiées se groupent et forment des *îlots musculaires* qui s'insinuent graduellement vers la somatopleure dans laquelle ils pénètrent. Plus tard, quand les membres se développent, on voit des îlots semblables pénétrer dans les bourgeons des membres et y développer les muscles des membres.

C'est ainsi que se forment, par la somatopleure, les muscles du tronc et ceux des membres. Les prévertèbres donnent donc naissance aux muscles striés du tronc et des membres ; elles fournissent aussi les fibres lisses des vaisseaux des mêmes régions. Quant aux fibres lisses des viscères et des vaisseaux des viscères, elles proviennent de la splanchnopleure.

Colonne vertébrale. — Nous venons de voir (voy. *Mésoderme*) que les prévertèbres, formées aux dépens de la portion interne du mésoderme, sont l'origine de tous les muscles striés du corps qui se propagent par bourgeonnement, et que ces prévertèbres n'ont aucun rapport avec le développement de la colonne vertébrale.

La colonne vertébrale se développe autour de la corde dorsale (voy. *Corde dorsale*) et de la moelle épinière. Les cellules du mésoderme se transforment de telle façon qu'elles donnent naissance au tissu cartilagineux, lequel se changera plus tard en substance osseuse. Avant la formation du cartilage, on a la *colonne vertébrale membraneuse.*

A la fin du deuxième mois après la fécondation, la colonne vertébrale a une longueur égale aux trois quarts de la longueur du corps, car il faut remarquer qu'à cette époque les membres sont encore à l'état de bourgeons. Les corps vertébraux et les disques interarticulaires s'ossifient autour de la corde dorsale. L'ossification du corps des vertèbres se montre d'abord dans la région dorsale pour s'étendre ensuite vers les extrémités. Celle des lames et des apophyses articulaires débute par la région cervicale et descend régulièrement jusqu'au coccyx.

Dans chaque *corps* vertébral, un *point osseux primitif* se montre entre la corde dorsale et la moelle épinière dans la partie postérieure du corps de la vertèbre. Plus tard, à l'âge de quinze ans environ, il se développe deux *points complémentaires* sous forme de deux lames osseuses occupant les deux faces du corps ; connues sous le nom de *disques épiphysaires*, ces lames forment avec le point primitif trois couches osseuses superposées.

Les *lames et apophyses* des vertèbres se développent de la manière suivante : deux *points primitifs* se montrent sur les apophyses articulaires, vers la fin du deuxième mois après la fécondation ; puis *trois points complémentaires* se développent

vers l'âge de quinze ans, au sommet des apophyses transverses et de l'apophyse épineuse. Toutefois, ces trois points complémentaires n'existent pas à la région cervicale, si ce n'est pour la septième. Dans la région lombaire, il existe deux *points supplémentaires* pour les tubercules apophysaires.

Tous ces points osseux s'étendent : les trois points primitifs se soudent complètement vers cinq ou six ans, mais les deux latéraux s'étaient soudés primitivement en arrière du canal vertébral du sixième au douzième mois. Les points complémentaires des apophyses se réunissent aux autres de dix-huit à vingt ans. Quant aux trois lamelles osseuses qui constituent les trois lames osseuses du corps des vertèbres, elles se soudent entre elles vers l'âge de vingt à vingt-cinq ans.

Crâne. — La couche de cellules du mésoderme qui forme la colonne vertébrale membraneuse se prolonge en avant et entoure les vésicules cérébrales sous le nom de *crâne membraneux*. La portion qui correspond à la base du crâne est plus épaisse. *Deux ailes* naissent de sa partie postérieure pour entourer l'oreille interne et la moelle allongée autour de laquelle elles forment le trou occipital. De la partie antérieure partent deux prolongements, ou *trabécules*, qui circonscrivent l'*espace pituitaire*, correspondant à l'infundibulum, et se terminent par deux prolongements dans le bourgeon fronto-nasal.



Fig. 163. — Voûte du crâne chez le nouveau-né.

1, pariétal. — 2, frontal. — 3, fontanelle postérieure. — 4, fontanelle antérieure.

La portion du crâne membraneux qui correspond à la base du crâne, passe rapidement de l'état celluleux à l'état cartilagineux ; elle se moule sur la face inférieure de l'encéphale.

Quant à la portion supérieure du crâne membraneux, ou *voûte du crâne*, elle passe directement de l'état celluleux à l'état osseux, sans passer par l'intermédiaire cartilagineux.

Méninges. — Les méninges craniennes et rachidiennes se développent aux dépens des cellules mésenchymateuses du mésoderme.

Des fibres de tissu conjonctif et des fibres élastiques se

montrent pour former la *dure-mère* et les cloisons de la dure-mère cranienne. Bien distincte du périoste des vertèbres, elle adhère à la surface interne des os du crâne, vis-à-vis desquels elle joue le rôle de périoste.

La *pie-mère*, adhérente aux centres nerveux par les nombreux prolongements celluleux et vasculaires qui en émanent, est formée de tissu conjonctif lâche dans la *pie-mère cranienne*, et renferme une quantité considérable de vaisseaux qui se divisent dans cette membrane pour pénétrer dans la substance nerveuse sous forme de très fines ramifications.

Si l'élément vasculaire domine sur l'élément conjonctif dans la *pie-mère cranienne*, ce dernier domine beaucoup plus sur l'élément vasculaire dans la *pie-mère rachidienne*. Cette pie-mère rachidienne, beaucoup moins vasculaire, est formée de tissu conjonctif condensé et représente une véritable membrane fibreuse.

L'*arachnoïde* se forme plus tardivement que les deux autres membranes. Sa cavité se développe par un véritable clivage du tissu conjonctif lâche, fourni par le mésoderme, entre la pie-mère et la dure-mère. L'*endothélium arachnoïdien* n'est pas formé comme celui du péritoine, de la plèvre et de l'endocarde, par un endothélium d'une cavité préexistante comme la cavité pleuro-péritonéale : il est formé, au contraire, par les cellules fixes du tissu conjonctif qui se trouvent refoulées et qui s'agencent entre elles de manière à se transformer graduellement en cellules de revêtement (voy. *Séreuses*).

Face et cou. — Je ferai remarquer, avant de commencer cette description, que je suis obligé de faire intervenir dans une des parties axiales de l'embryon (face) une portion latérale (cou), par la raison toute simple que le premier arc branchial, né des parties latérales, vient concourir en grande partie à la formation de la face.

Le développement de la face et du cou est postérieur à celui du crâne ; ces parties naissent du capuchon céphalique.

Nous avons déjà vu que l'intestin antérieur vient s'adosser à l'ectoderme pour former la membrane pharyngienne. Cette partie de l'intestin de l'embryon donne naissance au pharynx et à l'œsophage.

On voit au-dessus de la cavité pharyngienne un bourgeonnement du repli céphalique qui concourt à former la face.

De chaque côté naissent de petits bourgeons isolés, séparés par des fentes et destinés à entourer le pharynx et l'œsophage. On donne à ces bourgeons le nom d'*arcs branchiaux* ou *viscéraux*, et aux fentes celui de *fentes branchiales* ou *viscérales*. En se déve-

loppant, les arcs branchiaux semblent repousser la tête en avant, car, au début, le cœur se trouve presque au contact de la tête.

Fentes pharyngiennes. — Les *fentes viscérales*, appelées aussi *fentes pharyngiennes*, sont au nombre de quatre, séparant les cinq arcs viscéraux. Elles se dirigent en avant et en bas, comme les arcs viscéraux, pour se réunir sur la ligne médiane. Elles se montrent vers le quinzième jour sur l'embryon humain et disparaissent à la fin du deuxième mois, par oblitération. Elles font communiquer la cavité du pharynx avec l'extérieur. Lorsque leur soudure est incomplète, il en résulte une fistule dite *fistule branchiale* (n'oublions pas que l'embryon est étudié couché, la tête en avant et la face dorsale en haut).

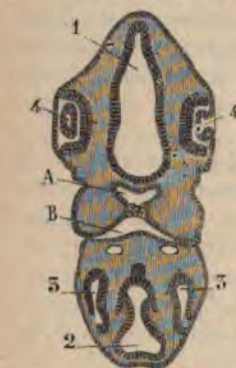


Fig. 164. — Coupe horizontale de l'extrémité céphalique d'un embryon de deux jours passant par les yeux et les oreilles.

A, dépression buccale. — B, aditus anterior communiquant avec l'extérieur par la première fente branchiale. — 1, vésicule cérébrale antérieure. — 2, vésicule cérébrale postérieure. — 3, fossette auditive. — 4, formation du cristallin.

La première fente branchiale ne se soude pas complètement. Sa partie postérieure persiste pour former le *conduit auditif externe*, la *caisse du tympan* et la *trompe d'Eustache*.

Bourgeons ou *arcs*. — Les arcs viscéraux partent de la base du crâne. Il y en a cinq et on les compte de haut en bas. Leur direction est naturellement la même que celle des fentes viscérales. Le premier, qui donne naissance à la face, est l'*arc facial*, le plus important, ainsi dénommé par Milne Edwards. Il se montre le premier, les autres viennent successivement, de haut en bas.

Le *premier bourgeon*, ou *arc facial*, se montre dans l'espèce humaine à la fin de la deuxième semaine, au-dessous d'une petite dépression dans laquelle va se développer la face (fossette buccale). Celui du côté droit se soude rapidement à celui du côté opposé et sépare le cou de la cavité buccale. On l'appelle encore *bourgeon maxillaire inférieur*. L'*os maxillaire inférieur* se développe dans son épaisseur, avec le *cartilage de Meckel*, situé sur sa face interne, et s'étendant jusque dans la caisse du tympan, où il produit le *marteau* et l'*enclume*. En avant, l'arc facial produit la *lèvre inférieure* au moyen de deux moitiés latérales qui se soudent sur la ligne médiane ; en arrière, il produit la *langue* également par deux moitiés latérales qui se soudent (fig. 165, 9).

Les deux ***bourgeons maxillaires supérieurs*** naissent sur les parties latérales et supérieure du bourgeon maxillaire inférieur par deux petites éminences, aux extrémités de la cavité buccale. Ils se dirigent en haut et en dedans pour former la voûte de la bouche. La bouche est donc limitée en bas par les bourgeons maxillaires inférieurs réunis, en haut et de chaque côté par les bourgeons maxillaires supérieurs. Il reste un vide en haut et au milieu, vide qui sera comblé par des parties non encore décrites et dépendant du bourgeon frontal (fig. 165, 1).

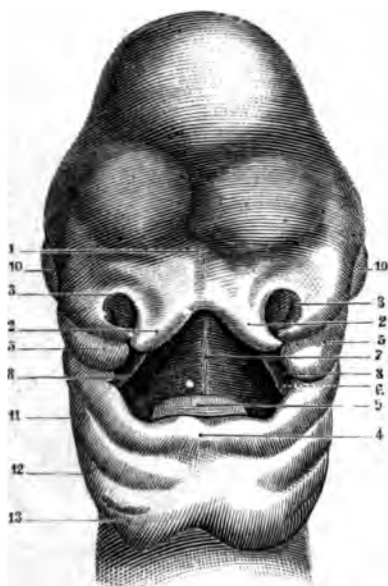


Fig. 165. — Tête d'un embryon de trente-cinq jours.

1. bourgeon frontal. — 2, 2, bourgeons nasaux internes ou incisifs. — 3, 3, fossette olfactive (futures narines). — 4, bourgeons maxillaires inférieurs déjà soudés sur la ligne médiane et formant l'*arc facial*. — 5, 5, bourgeons maxillaires supérieurs s'appliquant en haut aux bourgeons nasaux pour former avec eux le sillon lacrymo-nasal. — 6, cavité buccale. — 7, vestige de la cloison des fosses nasales. — 8, 8, vestige de la cloison qui séparera les fosses nasales de la bouche proprement dite. — 9, langue. — 10, 10, yeux. — 11, 12, 13, arcs pharyngiens.

Le ***bourgeon frontal*** se montre en même temps que l'arc facial ; il descend de la partie antérieure de la base du crâne et s'insinue entre les deux yeux et entre les deux bourgeons maxillaires supérieurs pour compléter la paroi supérieure de la cavité buccale. A sa partie inférieure le bourgeon frontal se divise en trois parties, une médiane, deux latérales. Les parties latérales, appelées ***bourgeons nasaux externes*** sont séparés de la partie médiane par le ***sillon nasal***, élargi en haut où il forme la *fossette olfactive*, future narine. La partie médiane est divisée à son tour un peu plus tard, par une échancrure, en deux parties égales, qui constituent les ***bourgeons nasaux internes***, ou *incisifs*. De sorte que, sur une tête d'embryon de trente-cinq jours, on trouve de dedans en dehors à la partie supérieure de l'orifice buccal : le bourgeon nasal interne ou incisif, le sillon nasal et la fossette olfactive, le bourgeon nasal externe, le sillon lacrymal et le bourgeon maxillaire supérieur (fig. 165, 5).

Pendant que ces parties se développent, la cavité buccale s'ac-

centue, jusqu'à la membrane pharyngienne qui la sépare du p
rynx.

Les divers bourgeons indiqués subissent des modifications

Les *bourgeons nasaux internes* ou *incisifs* se rapprochent e
soudent de haut en bas de manière à former la partie médian
la mâchoire supérieure. Ces bourgeons donnent naissance à la



Fig. 166. — Face latérale de la tête d'un embryon d'un mois et demi, m
trant la situation respective des arcs pharyngiens 7, 8, 9. On y voit la f
sette olfactive 2, l'arc facial 4, l'œil 10 et l'oreille 11.

tie moyenne de la *lèvre supérieure*, aux deux *os incisifs* ou *int*
maxillaires, à la cloison des fosses nasales, formée par le *vom*
la *lame perpendiculaire* de l'ethmoïde et le *cartilage triangula*
de la cloison, aux *unguis* et aux *os propres du nez* (fig. 165).

Les *bourgeons nasaux externes* sont séparés des deux précéde
par la fossette olfactive (narine) et le sillon nasal. Ils sont en c
tact en bas et en dehors avec les bourgeons maxillaires supérie
qui ont un développement considérable et qui viennent se rejoin
sur la ligne médiane, en arrière des deux bourgeons nasaux inter
qui en occupent l'interstice en avant.

Les *bourgeons maxillaires supérieurs* ne peuvent s'étendre

cause de la présence des bourgeons nasaux externes ; ils se t en dedans ; le sillon qui les sépare des bourgeons nasaux es est le *sillon nasal*, celui qui les sépare des bourgeons externes est le *sillon lacrymal*. Le bourgeon maxillaire eur produit la partie latérale de la *lèvre supérieure*, l'*os laire supérieur*, l'*os malaire* et l'*apophyse palatine* qui celle du côté opposé pour former la voûte palatine et divi-avité buccale en deux parties, la bouche et les fosses nasales. urgeons donnent encore les *os palatins* et l'*aile interne* de nyse ptérygoïde, l'aile externe étant un prolongement du le l'os.

e qui précède, il résulte que le contour de la bouche de l'em-est divisé en trois parties par des sillons qui disparaissent de heure par suite de la soudure des bourgeons qu'ils séparent.

le-lièvre. — L'arrêt de développement frappe souvent ces es ; il est connu sous le nom de *bec-de-lièvre*. Lorsque frappe le sillon de la lèvre inférieure, il y a soudure incom-les deux bourgeons maxillaires urs. Cette difformité, assez rare, ue le *bec-de-lièvre inférieur* qui jours médian. L'arrêt de dévelop-t se montre plus souvent à la lèvre eure ; s'il existe d'un seul côté, le nasal n'est pas soudé, la narine est e, c'est le *bec-de-lièvre unilatéral*, nt seulement les parties molles ôté (fig. 167). Mais le défaut de e peut exister des deux côtés. e *bec-de-lièvre double*, la partie ne de la lèvre forme un bourgeon entre les deux parties latérales. visions constituent le *bec-de-lièvre* . Le *bec-de-lièvre compliqué* est lans lequel la division s'étend plus profondément. On cons-ors ou un défaut de soudure du maxillaire supérieur à l'un incisifs ou un défaut de soudure entre les deux maxillaires leux os incisifs. Souvent cette difformité se complique du d'union des deux moitiés de la voûte palatine et du voile is, de sorte que la cavité buccale et la cavité des fosses n'en forment qu'une seule désignée sous le nom de *gueule-* (fig. 168).



Fig. 167. — Bec-de-lièvre simple, résultant du défaut de soudure de la partie médiane de la lèvre supérieure avec l'une des parties latérales.

lents et les *glandes salivaires* sont des productions épithé-lont l'étude sera mieux placée ailleurs.

— Je dirai seulement un mot des sillons nasal et lacrym
cavité buccale a des dimensions transversales considérab
début, de telle sorte que les yeux sont rejetés sur les partie
rales de la tête. Le sillon lacrymal est alors horizontal. L'al
ment des bourgeons nasaux inte
le développement en hauteur des
geons maxillaires supérieurs augm
les dimensions verticales et dim
les dimensions horizontales de la f
en résulte une élévation et en
temps un rapprochement des yeu
même temps le canal lacrymal d
oblique et ensuite vertical.



Fig. 168. — Bec-de-lièvre double avec saillie des os incisifs qui ne sont pas soudés aux os maxillaires supérieurs et qui sont repoussés en avant par les mouvements de la langue.

Le *deuxième bourgeon*, ou *deu*
arc viscéral se montre vers le vin
jour. Il est étendu de la caisse du t
où il donne naissance à l'*étrier* (Re
jusqu'aux parties latérales du co
l'os hyoïde, qui sépare l'arc du côt
de celui du côté gauche. Cet arc p
trois os, qui sont, de haut en b
stylo-hyal (apophyse styloïde), le *c*
hyal, petit os fusiforme représent
l'homme par le ligament stylo-hyoïd
l'*apo-hyal*, ou petite corne de l'os h

Le *troisième bourgeon*, ou *troi*
arc viscéral, est comme suspenc
deuxième. Il se dirige en avant
dedans et produit le corps de l'os h
et les grandes cornes, parties qui do
attache à la langue. Il concourt à fo
les parties molles du cou.

Les *deux derniers arcs viscéraux* concourent à la formati
pharynx. Reichert leur attribue la production des cartilages
ténoïdes et peut-être celle du thyroïde et du cricoïde.

B. *Productions latérales du mésoderme.*

Il ne faut pas oublier que, au moment de l'apparition du
derme, l'embryon est encore extrêmement petit. Nous veno
voir que, du côté de la ligne médiane, le mésoderme donne
sance à la colonne vertébrale, au crâne, aux méninges, à l
et au cou. Sur les parties latérales, il se divise, ainsi que
l'avons déjà vu, en lame fibro-intestinale qui double l'endo

pour former avec lui la splanchnopleure, et en lame fibro-cutanée formant avec l'ectoderme la somatopleure. A la partie interne de la cavité pleuro-péritonéale, sur le bord interne de cette cavité, en dehors, par conséquent, du canal neural et de la colonne vertébrale, j'ai déjà signalé (voy. *Mésoderme*) une crête, crête génito-urinaire, de laquelle procèdent les organes urinaires et de la génération.

Les productions latérales du mésoderme, les seules qui nous restent à décrire, sont la somato-pleure, la splanchnopleure, le cœlome, les organes urinaires et les organes génitaux. Je décrirai à part l'appareil de la circulation pour terminer l'étude des productions mésodermiques.

La somatopleure et les membres. — Il a été déjà question bien des fois de la somatopleure, mais je n'en ai pas donné la description.

Le mésoderme se dédouble en dehors et forme deux lames séparées par le cœlome, la lame supérieure vient doubler l'ectoderme et prend le nom de *somatopleure*, la lame inférieure, double l'ectoderme avec lequel elle forme la *splanchnopleure*. La crête génito-urinaire se trouve dans l'angle de séparation de la somatopleure et de la splanchnopleure (fig. 160 et 162).

Elle est constituée dès le second jour de l'incubation, lorsque le mésoderme s'est divisé en deux feuillets, séparés par le cœlome.

Son étendue est égale à celle de l'embryon. Lorsque celui-ci a la forme d'une plaque creuse, d'une valve, *plaque embryonnaire*, la somatopleure est aussi étendue que l'embryon et en dépasse même les limites pour se perdre sur les parois de l'œuf dans l'épaisseur du prolongement du blastoderme.

Au moment où l'embryon produit une incurvation telle que l'extrémité caudale vient au contact de l'extrémité céphalique, au moment où toute la circonférence se resserre à la manière d'une bourse de cuir dont on rapproche les bords, la somatopleure suit le mouvement d'incurvation. Sur les parties latérales, sur les flancs de l'embryon, elle s'enroule pour ainsi dire et se porte avec celle du côté opposé, vers l'ombilic qu'elle concourt à former. Dans ce mouvement, les deux somatopleures forment un cylindre dans lequel sont contenus le cœlome et la splanchnopleure.

Vers les extrémités céphalique et caudale, la somatopleure recouvre la tête et la queue de l'embryon. De tous les points de l'embryon, elle converge vers l'ombilic, et elle se continue avec les parois de l'œuf où elle formera le *sac vitellin externe*. La partie rétrécie qui s'étend de la somatopleure au sac vitellin externe est le *pédicule somatique*, ou externe, du *conduit vitello-intestinal* ou *omphalo-mésentérique*.

La *structure* de la somatopleure est la suivante : superficiellement elle est formée par l'ectoderme, profondément elle est limitée par l'endothélium pariétal de la cavité du cœlome. Entre ces deux couches se trouve le feuillet pariétal mésenchymateux du mésoderme et de plus, entre ce même feuillet et l'ectoderme, il existe des cellules mésenchymateuses spéciales qui donnent naissance aux vaisseaux sanguins.

Les organes formés par la somatopleure sont les suivants : au-dessous de l'ectoderme, donnant l'épiderme, les poils et les glandes de la peau, la somatopleure forme le derme. Le mésenchyme de la somatopleure fournit les organes des parois du tronc, os, cartilages, muscles, vaisseaux, tissu conjonctif et enveloppes des cylindres-axes des nerfs. Enfin l'endothélium interne de cette membrane forme l'endothélium pariétal du cœlome.

Membres. — Dès la formation de la somatopleure, on voit se former l'*éminence de Wolff* sur sa face externe. C'est une saillie longitudinale due à un épaisissement de cette paroi. Vers la fin du troisième jour après la fécondation, on voit, de chaque côté de l'extrémité céphalique et de l'extrémité caudale, aux deux extrémités de l'éminence de Wolff, une saillie minuscule qui indique la place qu'occuperont les *membres*. Vers la quatrième semaine, ils sont très distincts, et à la septième semaine, on voit se former, à l'extrémité, de petites fentes qui séparent les doigts. Au début, le membre est rectiligne et la main ressemble à une petite nageoire.

Dans la formation des membres le tissu conjonctif et le tissu cartilagineux, précédant le tissu osseux, sont formés par le mésenchyme, dont les cellules migratrices progressent vers l'extrémité du membre en se multipliant. Les muscles sont formés par les ilots musculaires issus des prévertèbres ; les vaisseaux se forment sur place par transformation des cellules mésenchymateuses. Quant aux nerfs, les cylindres-axes sont un prolongement incessant des cellules nerveuses centrales, mais les enveloppes, telles que la myéline et la gaîne de Schwann, sont des transformations des cellules mésenchymateuses.

Splanchnopleure. — Elle se montre en même temps que la somatopleure. Lorsque l'incurvation de l'embryon se produit, les bords de la plaque embryonnaire, en se resserrant, emprisonnent dans la cavité embryonnaire une portion de la splanchnopleure qui se trouve dès lors divisée en deux parties, partie intra-embryonnaire et partie extra-embryonnaire, reliées par une portion rétrécie, le *pédicule splanchnique*, ou interne, ou *conduit vitello-intestinal*.

Elle a une *structure* analogue à celle de la somatopleure ; feuillet

épithélial en dedans, c'est l'*endoderme*, feuillet endothélial en dehors, c'est l'endothélium du feuillet viscéral, ou interne, du *cœlome*, enfin, une portion intermédiaire, le feuillet viscéral, ou *lame fibro-intestinale* du mésoderme, splanchnopleure proprement dite.

A ces trois couches, il convient d'en ajouter une quatrième, une véritable couche vasculaire située entre l'endoderme et le mésoderme, dans laquelle se développent des vaisseaux et des globules sanguins, aux dépens des cellules mésenchymateuses.

La *portion intra-embryonnaire* donne naissance à l'intestin ; l'endoderme forme la couche épithéliale, ainsi que les glandes de la muqueuse et l'épithélium des conduits des glandes plus volumineuses (glandes de Brunner, foie et pancréas). La splanchnopleure donnera naissance aux autres couches de l'intestin, aux vaisseaux et aux nerfs. L'endothélium formera le feuillet viscéral, ou interne, du cœlome.

Nous avons vu que la portion intra-embryonnaire est un tube effilé aux deux bouts et terminé par deux culs-de-sac, chacun dans l'une des extrémités de l'embryon. Celui de l'extrémité céphalique constitue l'intestin antérieur, l'autre le postérieur. La partie moyenne communiquant avec l'intestin antérieur et l'intestin postérieur par les *aditus*, est ouverte largement du côté du pédicule vitello-intestinal ou omphalo-mésentérique (fig. 185).

La *portion extra-embryonnaire*, doublant la face interne de l'ectoderme, prend le nom de *vésicule ombilicale* ou *sac vitellin interne*. C'est à sa surface externe que sont répandus les vaisseaux nouvellement formés. On l'appelle sac vitellin parce que le vitellus y est contenu. Le pédicule qui unit la vésicule ombilicale à l'intestin est le pédicule splanchnique du conduit vitello-intestinal, doublé à l'extérieur par le pédicule somatique (fig. 179).

Cœlome. — On donne ce nom à une cavité qui se développe dans la partie externe du mésoderme entre la splanchnopleure et la somatopleure. On l'appelle encore *cavité générale*, ou cavité *pleuro-péritonéale* (fig. 170).

Son importance est telle qu'on a établi une division de tous animaux au-dessus des *Protozoaires*, c'est-à-dire des *Métazoaires*, selon qu'ils ont ou non un cœlome. On appelle *Cœlentérés* ceux qui n'ont pas de cœlome et dont le mésoderme est par conséquent compact ; ceux qui ont un cœlome sont les *Cœlomates*, parmi lesquels figurent les vertébrés.

Variétés de cœlome. — Tantôt le cœlome forme une grande cavité divisant nettement le mésoderme en deux feuillets distincts, splanchnopleure et somatopleure, tantôt la cavité est cloisonnée de

manière à limiter plusieurs petits espaces communiquant entre eux et connus sous le nom de *lacunes mésodermiques*. Dans ce dernier cas le mésoderme offre un aspect diffus, c'est le *polycœlome* (fig. 171).

Les frères Hertwig, d'après ces divers états du cœlome, divisent les métazoaires en deux groupes, les *Entérocœliens* et les



Fig. 169. — Schéma d'un gastrula montrant un mésoderme compact sans cœlome.

1, entéron. — 2, endoderme. — 3, ectoderme. — 4, cellules étoilées du mésenchyme mésodermique. — 5, substance molle intercellulaire.



Fig. 170. — Schéma d'une gastrula montrant le cœlome.

1, entéron. — 2, 4, endoderme et splanchnopleure. — 3, 5, ectoderme et somatopleure. Le cœlome est entre ces deux membranes.

Pseudocœliens. Les premiers ont un cœlome né par entérocœle (voy. *Entérocœle*), ils possèdent un mésoderme épithélial et souvent une couche de mésenchyme ; les autres ont un mésoderme compact, entièrement mésenchymateux.

Lorsque le cœlome forme une cavité unique, il s'étend de haut en bas sur les parties latérales du corps de l'embryon et, d'un côté à l'autre, par dessus la splanchnopleure, de manière à former une vaste cavité qui se divisera plus tard, par suite du cloisonnement diaphragmatique et péricardique, en péritoine, plèvre et péricarde.

Sa constitution. — Les parois du cœlome sont formées, chez les animaux supérieurs, par une couche de cellules d'origine mésenchymateuse, qui se différencient en cellules endothéliales, *mésoderme épithélial*. Au-dessous de ces cellules, il existe une autre couche, *mésenchyme*, de sorte que les parois du cœlome peuvent être divisées en deux couches : l'une superficielle ou épithéliale, l'autre profonde ou mésenchymateuse, désignée sous

le nom de *mésenchyme viscéral*, ou *splanchno-mésenchyme*, entre la splanchnopleure et l'endoderme, et de *mésenchyme pariétal*, ou *somato-mésenchyme*, entre la somatopleure et l'ectoderme.

Lorsque la couche épithéliale fait défaut, comme dans le mésoderme compact, on dit qu'il y a un *mésoderme mésenchymateux*.

Le cœlome renferme une petite quantité de sérosité. Tout à fait au début, cettte sérosité est prise par le canal de Wolff ouvert dans la cavité pleuro-péritonéale et transportée dans le cloaque. Un peu plus tard, lorsque le rein secondaire est formé, cette sérosité pénètre par les *néphrostomes*, ouvertures des tubes du canal de Wolff, qui la déversent dans le cloaque. Puis toutes ces ouvertures se ferment, excepté celle qui forme plus tard l'ouverture de la trompe de Fallope chez la femme.

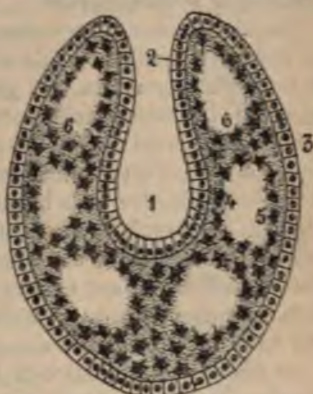


Fig. 171. — Schéma d'une gastrula montrant les lacunes d'un cœlome incomplet.

1, entéron. — 2, endoderme. — 3, ectoderme. — 4, mésenchyme de la splanchnopleure. — 5, mésenchyme de la somatopleure. — 6, 6, lacunes du cœlome dans le mésoderme séparées par des cloisons mésenchymateuses.

J'ai insisté de préférence sur le cœlome des vertébrés et surtout sur celui des mammifères. Mais je dois faire remarquer qu'il existe de nombreuses variétés de cœlome chez les divers animaux. Les *Echinodermes*, par exemple, montrent un type parfait de mésoderme épithélial ou de cœlome unique, ou *oligocœlien*, tandis que les *Mollusques* offrent le type d'un *mésoderme mésenchymateux*, ou d'un *cœlome polycœlien*, c'est-à-dire composé d'une foule de petites cavités ou *lacunes mésodermiques*.

Cœlome intra-embryonnaire et extra-embryonnaire. — Chez les animaux supérieurs, qui se nourrissent par le placenta, le cœlome se continue en dehors de l'embryon et se divise en deux parties. Le *cœlome intra-embryonnaire*, auquel s'applique la description ci-dessus, se prolonge dans le conduit vitello-intestinal, et se répand à la surface de l'œuf entre les deux sacs vitellins interne et externe, autrement dit à la surface externe du sac vitellin interne ou vésicule ombilicale. Cette portion, dite *cœlome extra-embryonnaire*, ne forme pas une cavité unique, elle est surtout mésenchymateuse et constituée par la fusion de la somatopleure (externe) et de la splanchnopleure (interne). C'est dans la couche profonde du cœlome extra-embryonnaire que se développent

les vaisseaux de l'area vasculosa, c'est-à- dire les ramifications des vaisseaux omphalo-mésentériques, et le sinus terminal, en un mot les vaisseaux de la première circulation fœtale.

Organes urinaires. — L'appareil urinaire, excepté la vessie, est formé par le mésoderme.

Quelques-unes des sécrétions du fœtus sont rejetées à l'extérieur de son corps, celles du foie s'accumulent dans le gros intestin sous le nom de méconium, les glandes salivaires et le pancréas sommeillent. Les sécrétions rejetées à l'extérieur sont celles des glandes sébacées, à partir du quatrième mois (puisque les glandes sébacées ne se montrent qu'au quatrième mois), et celles du rein. La matière sébacée se montre vers le quatrième mois de la grossesse ; elle se répand à la surface de la peau et se mêle à des débris épidermiques pour former un enduit gras, blanchâtre, *vernix caseosa*. Cet enduit, abondant surtout à l'aîne, à l'aisselle, recouvre la surface du corps du fœtus, qu'elle protège contre l'action permanente des eaux de l'amnios et empêche ainsi sa macération.

Le produit de sécrétion de l'appareil urinaire, l'urine, n'est chez l'embryon qu'une simple sérosité péritonéale, un suintement qui est versé dans le cloaque ; plus tard, ce liquide est rejeté dans les eaux de l'amnios, mais en très petite quantité.

Rein. — La glande rénale, organe d'élimination, d'excrétion, organe d'épuration du sang, passe par trois états successifs, qu'on peut désigner sous le nom de rein primitif, rein secondaire, et rein tertiaire ou définitif.

Rein primitif (1). — Il n'existe que dans les premiers jours de l'état embryonnaire. Ce n'est pas un organe à proprement parler, c'est un tube jouant le rôle d'épurateur. Il s'étend de la cavité pleuro-péritonéale au cloaque. Il est connu sous le nom de *canal de Wolff*. Ce canal se montre au deuxième jour de l'incubation et s'étend de la cinquième prévertèbre à l'extrémité caudale. Son *ouverture antérieure*, ou pleuro-péritonéale, se trouve dans l'angle de séparation de la somatopleure et de la splanchnopleure, au niveau de la future région du cou de l'embryon ; son *ouverture postérieure* se trouve dans le cloaque en face du point d'origine de l'allantoïde (voy. *Cloaque*). Une fois né dans la cavité pleuro-péritonéale, le canal de Wolff se porte en bas, en arrière et en dedans pour descendre parallèlement à celui du côté opposé, entre

(1) Synonymes : *Premier rein provisoire*, *Rein précurseur*, *Rein primordial*, *Pronéphros*, *Rein cervical*, *Rein céphalique*, *Corps de Wolff*, *Rein Wolffien*.

les prévertèbres qui sont en dedans, l'ectoderme en haut, et l'origine de la somatopleure en dehors. Sa fonction est de recueillir la sérosité pleuro-péritonéale.

Rein secondaire ou *corps de Wolff* (1). — Peu après l'apparition du canal de Wolff, sa moitié antérieure s'atrophie, disparaît. Sa moitié postérieure persiste et va former le canal excréteur du rein secondaire ou *corps de Wolff*.

Le corps de Wolff a trois périodes.

1° Dans la première, il est formé de tubes nés de la séreuse pleuro-péritonéale ; dans la seconde il est constitué par des glomérules comme le rein définitif. Dans la troisième il cesse sa fonction pour faire partie des organes génitaux.

Les tubes de la *première période*, en nombre variable, naissent dans la séreuse pleuro-péritonéale par des ouvertures appelées *néphrostomes* et vont s'ouvrir dans le canal de Wolff, à la manière des dents d'un peigne (fig. 172, 3).

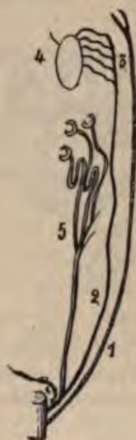


Fig. 172.
Développement du rein.

1, canal de Müller (femelle) — 2, canal de Wolff (mâle). — 3, tubes allant du canal de Wolff au corps de Wolff. — 4, corps de Wolff. — 5, uretère né du canal de Wolff et se ramifiant pour former le rein.

2° Au moment où la *seconde période* va commencer, les néphrostomes disparaissent et les glomérules prennent naissance. Chaque tube, dépourvu de néphrostome, fournit un prolongement, un diverticulum, qui se porte en dedans vers une branche artérielle venue de l'aorte. Au moment où le tube et l'artère se rencontrent, ils se modifient, le tube, en se renflant et s'invaginant dans lui-même, l'artère en se ramifiant et formant un petit peloton vasculaire qui est reçu dans la cavité que lui offre l'extrémité du tube. De cette union résulte le *glomérule*, qui fonctionnera désormais comme un véritable rein, chaque tube se jetant dans le canal de Wolff.

On distingue au corps de Wolff deux portions : une portion *urinaire*, la postérieure, et une *génitale*, l'antérieure. Elle est appelée génitale, parce que, au moment où le corps de Wolff s'atrophiera, cette portion fera partie des voies génitales.

L'ensemble des glomérules et des diverticules constitue donc le

(1) Synonymes : *Second rein provisoire*, *Rein primitif* d'Oken, *Mésonéphrose* de Ray Lankaster, *Faux rein*.

corps de Wolff qui épure le sang de l'embryon et verse l'urine dans le canal de Wolff, dont l'extrémité se trouve transportée dans l'allantoïde, par suite des changements qui se sont produits dans le cloaque (voy. *Cloaque*).

A cette période, le corps de Wolff est un organe allongé le long de la colonne vertébrale, en dedans de la lame germinative et du canal de Wolff.



Fig. 173. — Coupe schématique de la partie gauche de la plaque embryonnaire montrant le cœlome, la somatopleure, la splanchnopleure et la crête génito-urinaire.

2, cœlome. — 3, épithélium germinatif sur l'éminence sexuelle. — 4, coupe du canal de Wolff. — 5, glomérule du corps de Wolff. — 6, tube allant du glomérule au corps de Wolff. — 7, canal de Muller.

3° La *troisième période* commence lorsque le rein définitif est formé. Les glomérules s'atrophient et le corps de Wolff cesse de remplir les fonctions urinaires. La portion génitale persiste et les tubes de cette portion se mettent en rapport avec le testicule pour former l'épididyme. Le canal de Wolff formera le canal déférent; il n'a aucun rapport avec les organes génitaux féminins.

Rein définitif (1). — Vers le quatrième ou cinquième jour de l'incubation, on voit naître sur la paroi du canal de Wolff, près de son embouchure dans l'origine de l'allantoïde, un petit bourgeon creux qui se porte en avant, le long de la colonne vertébrale. C'est le commencement de l'uretère qui monte à la région des reins. Là, il se bifurque et chaque branche de bifurcation se divise et se subdivise dichotomiquement de manière à former les tubes droits du rein (substance tubuleuse). Les tubes flexueux de la substance glandulaire se forment directement par juxtaposition, en séries linéaires, des cellules mésenchymateuses du mésoderme qui communiquent entre elles, de manière à donner naissance aux tubes. A l'extrémité libre de chaque tube flexueux se forme un glomérule de la même manière que dans le corps de Wolff. Pendant ces formations, une partie du corps de Wolff disparait. La portion persistante du corps de Wolff, ainsi que le canal de Wolff, participeront au développement des organes génitaux internes mâles.

Quelques vertébrés du bas de l'échelle n'ont pas de rein; chez les batraciens, le corps de Wolff est le rein définitif.

(1) Synonymes : *Métanéphros*, *Rognon*.

Vessie. — La vessie est produite par l'endoderme. C'est la moitié inférieure de la portion intra-abdominale de l'allantoïde, la moitié supérieure formant l'ouraque. Elle est d'abord fusiforme chez le fœtus, ovoïde chez l'enfant, et elle ne prend sa forme définitive qu'au moment de l'adolescence. Dans quelques cas l'ouraque reste perméable et s'ouvre au niveau de l'ombilic pour former une *fistule urinaire ombilicale congénitale* (voy. *Allantoïde*).

Organes génitaux des deux sexes. — L'appareil génital des deux sexes vient en presque totalité du mésoderme.

Nous avons vu, en parlant de l'ovule et du spermatozoïde que l'ovaire et le testicule naissent dans l'épithélium germinatif qui recouvre l'*éminence sexuelle*, saillie de la lame germinative, à l'angle de séparation de la splanchnopleure et de la somatopleure.

La glande génitale, qui deviendra ovaire ou testicule, selon que devra naître un mâle ou une femelle, est *hermaphrodite*. Elle apparaît vers le huitième jour chez le poulet. Les voies génitales internes sont également hermaphrodites, c'est-à-dire que l'embryon renferme en lui des organes qui peuvent donner naissance indifféremment à l'oviducte ou au spermiducte. Autrement dit, l'embryon possède les éléments d'un épididyme et d'un canal déférent, de même que les éléments d'une trompe de Fallope, d'un utérus et d'un vagin. Expliquons-nous.

Disons d'abord que les *éléments du spermiducte* sont le corps de Wolff et le canal de Wolff; les *éléments de l'oviducte* résident dans le canal de Müller.

1° *Appareil génital de l'homme.* — Si c'est un mâle qui doit naître, la glande génitale, issue de l'épithélium germinatif, sera *testicule*. L'*épididyme* sera formé par une portion du corps de Wolff et le canal déférent le sera par le canal de Wolff.

La partie la plus inférieure du canal de Wolff présente un diverticulum qui sera la *vésicule séminale* et elle s'ouvre ensuite dans l'urètre, après avoir traversé la prostate sous le nom de *canal éjaculateur*.

On trouve, au-dessous de l'épipidyme, chez l'adulte, un vestige du corps de Wolff, comparable au corps de Rosenmüller (1), c'est le *corps innominé* du testicule.

Le canal de Müller s'atrophie chez le mâle. Sa partie inférieure persiste seule et forme l'*utricule prostatique* situé entre les deux canaux éjaculateurs.

(1) ROSEN-MÜLLER (Jean-Chrétien). Né en 1771, mort en 1820, professeur à Leipzig.

2° *Appareil génital de la femme.* — Si c'est une femelle, qui doit naître, la glande génitale deviendra un ovaire, les tubes de Pflüger de l'épithélium germinatif donneront naissance seulement à des ovules.

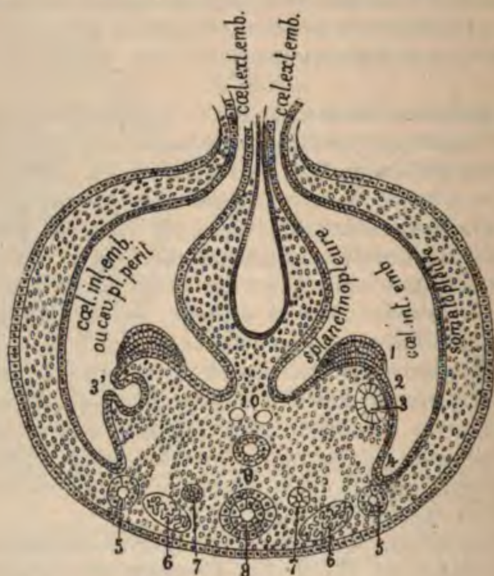


Fig. 174. — Coupe schématique de la plaque embryonnaire au deuxième jour de l'incubation (pour complément voir la figure 160). Cette figure montre le pédicule vitello-intestinal et la continuité de la somatopleure, de la splanchnopleure, du cœlome et de la cavité intestinale avec les parties extra-embryonnaires de l'œuf.

1, épithélium germinatif. — 2, éminence sexuelle crête génito-urinaire. — 3, canal de Müller. — 3', formation du canal de Muller par une gouttière verticale. — 4, cul-de-sac entre la somatopleure et la crête génito-urinaire. — 5, 5, canal de Wolff. — 6, 6, corps de Wolff. — 7, 7, uretères. — 8, 8, moelle et son canal central. — 9, corde dorsale. — 10, les deux aortes.

Canal de Müller. — Tout embryon possède un canal de Müller de chaque côté de la colonne vertébrale, comme il possède un corps de Wolff et un canal de Wolff. Le canal de Müller se produit aux dépens de l'épithélium péritonéal, près de l'éminence sexuelle. C'est d'abord une gouttière longitudinale qui se transforme ensuite en canal (fig. 174, 3, 3).

Le canal de Müller a une *extrémité antérieure* ouverte dans la cavité pleuro-péritonéale, près de la glande génitale et une *extrémité postérieure* qui s'ouvre dans le cloaque (voy. *Cloaque*), au niveau de l'origine de l'allantoïde.

Le canal de Müller chemine le long de la face externe du corps le Wolff (on voit donc que le cloaque présente un grand nombre d'ouvertures chez l'embryon, les deux canaux de Müller et les deux canaux de Wolff près de l'embouchure desquels s'ouvrent les deux uretères).

Dans l'évolution des voies génitales internes, les deux canaux de Müller se soudent de bas en haut pour former le vagin et l'utérus qui sont cloisonnés primitivement. A leur partie supérieure, les canaux de Müller restent indépendants et forment les trompes de Fallope. L'ouverture de la trompe dans le péritoine persiste, seul exemple d'une communication entre une séreuse et une muqueuse.

Cette ouverture n'est autre chose qu'un des nombreux néphrostomes du corps de Wolff ouverts dans le péritoine et signalés plus haut voy. *Corps de Wolff*).

Il résulte de ce qui précède que l'épithélium des voies genitales mâle et femelle est une dépendance de l'endothélium péritonéal, lequel est formé par le mésoderme.

Les *organes génitaux externes* se forment de la manière suivante :

Au-dessus du *sinus uro-génital* se montre un petit tubercule formé par le mésoderme. Il s'accroît et se creuse d'un sillon à sa sa partie inférieure.

C'est le moment de l'*indifférence sexuelle*, car la disposition est la même chez le mâle et chez la femelle.

Puis le sexe s'accentue ; dans le sexe féminin, le tubercule médian forme le clitoris, le sillon inférieur donne le vestibule de la vulve. L'entrée du vagin est formée par l'orifice uro-génital, les petites lèvres ne sont autre chose que les bords du sillon sous-clitoridien. Deux replis latéraux situés en dehors des petites lèvres donnent naissance aux grandes lèvres.

Dans le sexe *masculin*, le tubercule médian se développe et forme les corps caverneux, le sillon qui est au-dessous donne naissance à la *portion spongieuse de l'urètre* par la soudure de ses deux bords, et au gland par le renflement de l'extrémité antérieure de l'urètre. La soudure des bords de ce sillon est quelquefois frappée d'arrêt de développement. Il peut être complet et alors le méat urinaire est situé au périnée. Le plus souvent il est incomplet et le défaut de soudure constitue l'*hypospadias*. La variété la plus fréquente est celle dans laquelle le méat urinaire est situé au-dessous du gland.

Les replis latéraux, qui deviennent les grandes lèvres dans le sexe féminin, s'unissent pour former le *scrotum* et le *raphé scrotal*.

Appareil de la circulation et circulation chez l'embryon. — Lorsque l'enfant quitte le sein maternel pour vivre de la vie extérieure, l'appareil de la circulation a pour but de porter à ses tissus et à ses organes l'*aliment respiratoire*, *oxygène*, qui préside aux actions chimiques, à la combustion, et l'*aliment nutritif* qu'il puise par absorption à la surface muqueuse de l'intestin, et qui est destiné à la nutrition des éléments anatomiques et en particulier à l'assimilation.

Pendant la vie intra-utérine, le produit de la conception peut être comparé à un organe maternel, et il doit, comme cet organe, respirer et se nourrir. L'oxygène et les éléments de nutrition ne pouvant lui être fournis par la respiration et l'absorption intestinale, ces substances lui sont transmises par un organe particulier, intermédiaire à la mère et à l'enfant, le *placenta*.

Pour maintenir la vie du fœtus pendant cette période un appareil circulatoire spécial était nécessaire ; c'est l'appareil de la seconde circulation intra-utérine.

Avant la formation du placenta, l'embryon est si peu développé qu'il trouve dans ses propres organes des éléments suffisants de nutrition. Il les puise dans le contenu de la vésicule ombilicale. Ces éléments sont pris par les capillaires et transmis successivement par les veines, le cœur et les artères qui les distribuent à toutes les parties de l'embryon. On conçoit que l'appareil de la circulation de cette période embryonnaire doive être différent de celui de la seconde circulation. On lui donne le nom d'appareil de la *première circulation*.

Mais tout à fait au début, dès les premières formations embryonnaires, la nutrition des éléments de l'embryon est si rudimentaire qu'elle se fait par simple assimilation des liquides albumineux qui entourent l'œuf, sans l'intermédiaire d'un appareil quelconque de circulation.

On voit que la circulation sanguine de l'embryon et du fœtus est en rapport avec son mode de nutrition. Celle-ci s'effectue donc selon trois modes différents, à des époques différentes : 1° pendant les premiers jours de l'évolution de l'embryon, par assimilation des liquides avoisinants ; 2° plus tard par absorption du liquide de la vésicule ombilicale ; 3° enfin, en dernier lieu, par l'intermédiaire du placenta qui fournit l'oxygène et les matériaux de nutrition.

Le sujet que je me propose de traiter ici n'est pas sans offrir quelques difficultés, principalement par ce fait que les changements qui s'effectuent dans le mode de circulation de l'embryon entraînent des modifications profondes dans la disposition anatomique de l'appareil circulatoire.

Première circulation intra-utérine (1).

Je commence par prévenir le lecteur qu'il est indispensable de connaître le développement de l'embryon et de ses annexes pour lire avec fruits les détails qui vont suivre.

Dans la circulation vitelline, le sang, lancé par le cœur, parcourt les artères et se rend aux capillaires du corps de l'embryon et de



Fig. 175. — Première circulation de l'embryon, à la fin du deuxième jour de l'incubation. On voit l'embryon par sa face ventrale et les vaisseaux de l'area vasculosa sur un fragment de la vésicule ombilicale.

1, 1, veines omphalo-mésentériques formant les canaux de Cuvier et aboutissant au sinus veineux. — 2, cœur. — 3, 3, artères aortes. — 4, 4, plusieurs artères omphalo-mésentériques avant leur fusion en un seul tronc. — 5, 5, sinus terminal d'où naissent les veines omphalo-mésentériques. — 6, 6, veines cardinales antérieures. — 7, 7, extrémité caudale de l'embryon.

la vésicule ombilicale, d'où il revient au cœur par les veines. Une partie du sang seulement passe dans les parois de la vésicule ombilicale pour y prendre des matériaux nutritifs.

Les organes de cette circulation embryonnaire se développent tous sur place et ne procèdent pas du centre à la périphérie. Ils ont ceci de particulier que, au début de l'évolution, ils sont tous formés, cœur, artères, capillaires et veines, par des tubes capil-

(1) Circulation vitelline, circulation de la vésicule ombilicale, circulation omphalo-mésentérique.

laires, dont la paroi endothéliale résulte du refoulement des c
mésenchymateuses de la couche profonde de la splanchnop
Pendant que la paroi vasculaire se forme, quelques cellu
trouvent emprisonnées dans le vaisseau et se transforme
globules embryonnaires, ou globules rouges nucléés du san

L'endothélium embryonnaire se distingue des autres en c



Fig. 176. — Appareil de la première circulation avant la fusion des aortes. On voit l'area vasculosa dans toute son étendue (vue par la fac trale, au milieu du troisième jour de l'incubation).

1, aire transparente. — 2, 2, portion de l'aire opaque dépassant l'area vasculosa. — de l'embryon situé au-dessous de la tête. — 4, 4, veines cardinales antérieures. — 5, 5 cardinales postérieures ; ces veines se réunissent près du cœur pour former les canaux de le tout appartenant au système des veines omphalo-mésentériques. — 6, 6, sinus term 7, 7, artères omphalo-mésentériques, branches de l'aorte descendante. — 8, artères ver postérieures, futures iliaques primitives.

le ciment intercellulaire des capillaires ne se laisse pas color noir par le nitrate d'argent.

L'appareil entier de la première circulation se dévelop même temps dans le corps de l'embryon et dans la pa la vésicule ombilicale, c'est-à-dire dans l'*area vasculosa*. dant un temps très court, ces deux parties ne communiquen Les vaisseaux ont ceci de particulier qu'ils sont plus larges d des capillaires que du côté du cœur, mais dès que la circu est établie et que les contractions du cœur ont une force i sive suffisante pour faire circuler le sang, le calibre des vais se régularise et va en diminuant du cœur vers les capillaire

Cet appareil comprend le cœur, les artères, les capillaires et les ines.

1° **Cœur**. — On conçoit qu'il n'a pas été possible de faire une tude complète de la formation du cœur de l'embryon humain. lle a été faite sur celui du poulet. Ainsi que je l'ai déjà fait emarquer, l'évolution est beaucoup plus rapide chez l'embryon u poulet, dont le développement complet xige vingt et un jours, tandis que l'emryon humain ne se développe qu'en deux ent soixante-quinze jours. Pour donner ne idée de cette différence, je rappellei que le cœur de l'embryon des oiseaux t complètement développé dès le douème jour de l'incubation, tandis qu'à cette poque on en distingue à peine le premier estige dans l'embryon humain. Du reste, mode d'évolution est identique.



Fig. 177. — Développement du cœur (après trente heures d'incubation).

1, vésicule cérébrale antérieure. — 2, tronc des veines omphalo-mésentériques s'ouvrant dans les oreillettes. — 3, cœur à concavité gauche. — 4, somatopleure. — 5, 5, vésicules optiques. On voit au-dessous la moelle épinière et les prévertèbres.

Il ne faut pas oublier que, au début de la rmation, le cœur est situé au devant de ntestin antérieur, contre l'extrémité céhalique de l'embryon, et qu'il n'occupera place que plus tard.

Il commence à apparaître dans une couche ésodermique située en avant de l'œsohage, où l'on voit deux groupes de cellules éparés par un sillon qui ne tarde pas à disaraître.

Ces cellules s'adaptent de façon à former n petit tube rectiligne dirigé d'avant en rrière (fig. 177).

Le cœur, à ce moment, ne renferme pas e globules rouges, mais simplement un quide transparent; il recevra plus tard ses globules de l'*area asculosa* où ils se forment (fig. 176).

Vers le milieu du second jour de l'incubation, ce tube s'allonge et courbe de manière à présenter sa concavité à gauche. Il se forme -dessus une seconde courbure, ce qui donne au cœur la forme d'une Il est alors divisé en trois parties, une partie moyenne, interméaire, qui formera les *ventricules*, une partie inférieure, veineuse, i donnera naissance aux *oreillettes* et qui reçoit les veines omalo-mésentériques, et une partie supérieure qui se continue avec deux aortes primitives. Cette dernière a reçu le nom de *bulbe tériel* ou *aortique*. L'étranglement qui sépare le bulbe aortique

des ventricules est le *détroit de Haller*, celui qui sépare le ventricule des oreillettes est le *canal auriculaire* (fig. 178).

Quelques heures après le troisième jour, la portion ventriculaire s'est abaissée en même temps que ses parois se sont épaissies; les oreillettes se sont portées en haut en arrière et à gauche, par une sorte de torsion.

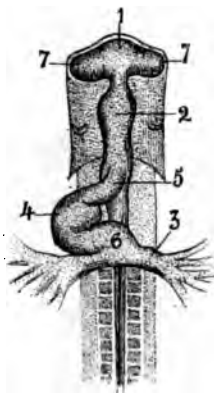


Fig. 178. — Développement du cœur après deux jours d'incubation.

1, vésicule cérébrale antérieure. — 2, vésicule cérébrale moyenne — 3. veines omphalo-mésentériques et canaux de Cuvier se rendant aux oreillettes. — 4, cœur dont la torsion s'accentue (ventricules). — 5, bulbe artériel ou aortique séparé des ventricules par le détroit de Haller. — 6, oreillettes séparées des ventricules par le détroit auriculaire. — 7, 7, vésicules optiques.

Au quatrième jour, le détroit de Haller et le canal auriculaire sont plus accusés et la ***cloison inter-ventriculaire*** se montre en se développant de bas en haut et d'avant en arrière, de manière à séparer incomplètement les deux ventricules. Je dis incomplètement parce que les deux ventricules communiquent par une ouverture située en arrière de la cloison interventriculaire ayant la forme d'un croissant à concavité postérieure. Pendant ce temps les ***auricules*** ont apparu.

Du cinquième au sixième jour, la cloison interventriculaire se complète et les ventricules deviennent indépendants. De la paroi antérieure des oreillettes naît la *cloison inter-auriculaire* qui se complètera les jours suivants.

Une cloison se montre en même temps dans le bulbe aortique qui se trouve ainsi divisé en deux tubes, ou canaux, qui formeront l'artère aorte et l'artère pulmonaire. Cette *cloison inter-artérielle* se confond en bas avec la cloison inter-ventriculaire, et les deux tubes s'adaptent chacun à la base d'un ventricule.

Au sixième jour on voit apparaître le *péricarde*, puis les ***valvules*** qui sont complètes le dixième jour. Vers le onzième jour naît une deuxième *cloison inter-auriculaire* sur la paroi postérieure des oreillettes. Celle-ci, et l'antérieure, qui s'est développée précédemment, vont à la rencontre l'une de l'autre et se réunissent incomplètement de manière à limiter une ouverture, le ***trou de Botal*** (du nom du médecin italien qui l'a décrit au XVIe siècle; il fut médecin à la cour de Charles IX et de Henri III) faisant communiquer les deux oreillettes.

Lorsque le cœur est complètement formé il descend insensiblement vers la place qu'il doit occuper plus tard.

Le cœur, *primum movens*, a des contractions, du moins chez l'embryon des oiseaux, dès la fin du premier jour de l'incubation, mais ces contractions sont lentes et incapables de produire une circulation du sang, tant qu'il n'est pas en communication avec les vaisseaux mêmes de cette circulation.

Artères. — Toutes les artères de la circulation intra-utérine procèdent de l'artère aorte qui prend son origine dans le ventricule gauche. Il faut, pour bien comprendre la disposition de ce système artériel, avoir présentes à la mémoire celle de l'aorte de l'adulte et de ses divisions.

Ces vaisseaux se rendent principalement à la tête et à la queue de l'embryon, et à la vésicule ombilicale. Indépendamment de ces vaisseaux, il existe un certain nombre d'artérioles qui n'ont pas reçu de nom et qui se portent dans toutes les directions.

L'artère aorte part du ventricule gauche et se bifurque presque aussitôt pour former une double crosse qui passe au-dessus du cul-de-sac de l'intestin antérieur, entre ce cul-de-sac et les vésicules cérébrales. Puis ces deux branches descendent verticalement et parallèlement sur les côtés de la corde dorsale, au-devant des prévertèbres, jusqu'à l'extrémité caudale de l'embryon, en diminuant de plus en plus. Ces deux vaisseaux sont les *aortes primitives*. Les aortes primitives ont une existence éphémère, car, deux ou trois jours après leur apparition, elles se soudent de haut en bas, dans toute leur portion verticale pour former un tronc unique, l'*aorte*.

Au niveau de la crosse, la bifurcation persiste et les deux branches ont reçu le nom de *premiers arcs artériels* ou *premiers arcs aortiques*.

J'ai déjà dit que toutes les ramifications artérielles de l'embryon naissent de l'aorte.

A sa partie terminale, l'aorte fournit deux branches de bifurcation pour l'extrémité caudale de l'embryon, les *artères vertébrales postérieures*, qui représenteront plus tard les *artères iliaques primitives*, et qui se rendent à l'extrémité caudale.

Vers le milieu de son trajet, l'aorte fournit les deux *artères omphalo-mésentériques* qui apparaissent dès la fin du second jour. Ces deux artères se répandent dans l'intestin et dans les parois de la vésicule ombilicale où elles forment l'*area vasculosa*, riche réseau d'artérioles et de capillaires, nés sur place, comme cela a déjà été dit, à la surface externe de l'endoderme, dans la couche profonde du mésoderme, de sorte que les éléments de nutrition, fournis par le liquide de la vésicule ombilicale, n'ont à traverser que les cellules épithéliales de l'endoderme et les parois des capillaires pour pénétrer dans les vaisseaux.

Au niveau de la crosse, on voit naître les artères qui se rendent dans les vésicules cérébrales (futures carotides internes) et dans les parties molles de la face (futures carotides externes). Ces artères sont fournies par les arcs aortiques de la manière suivante :

Les *deux premiers arcs aortiques* portent encore le nom d'*artères vertébrales antérieures* dans la partie postérieure qui précède leur réunion en aorte. Vers la fin du deuxième jour de



Fig. 179. — Formation de la deuxième circulation ; celle de la vésicule ombilicale disparaît, pendant que celle de la vésicule allantoïde se développe et que le placenta se forme. (Vue de profil).

V, ventricule droit. — 1, bulbe de l'aorte. — 2, 2, 2, arcs branchiaux. — 3, tronc artériel représentant l'aorte ascendante et ses branches. — 4, tronc veineux représentant les veines cardinales antérieures. — 5, aorte descendante. — 6, artère allantoïdienne, ou ombilicale. — 7, veine allantoïdienne. — 8, azygos. — 9, vésicule ombilicale et vaisseaux omphalo-mésentériques. — 10, veine cave inférieure. — 11, canal de Cuvier. — 12, confluent de toutes les veines apportant le sang au cœur.

l'incubation chez les oiseaux, on voit, de chaque côté, deux nouvelles artères en forme de crosse, parallèles aux deux premiers arcs aortiques, naître de la partie antérieure de l'aorte, au-dessous de son point de bifurcation, et se jeter dans sa partie postérieure, immédiatement au-dessous des deux premiers arcs aortiques. Il y a donc de chaque côté *trois arcs artériels*. Ils sont logés dans l'épaisseur du mésoderme qui forme les arcs branchiaux. Chacun des trois premiers arcs branchiaux renferme un arc artériel, le premier de ceux-ci dans le premier arc branchial et le troisième dans le troisième.

Il se produit vers le quatrième jour une atrophie et en même

mps une multiplication des arcs artériels. Le premier s'atrophie ndant qu'il s'en forme un quatrième, logé dans la partie interne 1 quatrième arc branchial ; aussitôt après, le deuxième s'atrophie endant qu'il s'en forme un cinquième dans le cinquième arc ranchial.

L'atrophie des deux premiers arcs artériels n'est que partielle, lle affecte la partie moyenne seulement. Les extrémités antéieures des deux premiers arcs se soudent et se prolongent vers extrémité céphalique en formant un vaisseau qui sera plus tard a *carotide externe* et qui se perd en ramifications très fines, vu exiguïté des parties molles qui entourent le crâne. Les extrémités ostérieures des deux premiers arcs artériels se confondent égament pour donner naissance à l'*artère carotide interne*, qui se orte directement en avant et se répand à la surface des vésicules érébrales. On voit donc que les vésicules cérébrales reçoivent ne artère indépendante de celle des parties molles du crâne.

L'atrophie du quatrième arc artériel n'est que partielle comme elle des deux premiers, sa partie antérieure donne naissance à auche à la *carotide primitive gauche* qui s'unit à la *sous-clavière*, t à droite au *tronc brachio-céphalique* qui se bifurque en rtère *carotide primitive droite* et en *sous-clavière droite*.

C'est vers la fin du cinquième jour de l'incubation que le uatrième arc artériel du côté droit s'atrophie tandis que celui du ôté gauche formera la crosse de l'aorte. Quant aux cinquièmes rcs, ils se confondent et se rendent au ventricule droit en formant artère pulmonaire ; ils se terminent en haut par deux petites ranches qui vont aux deux poumons (artères pulmonaires) et par n canal de communication qui se rend à la concavité de la rosse de l'aorte : c'est le canal artériel (1).

Capillaires. — Les vaisseaux capillaires forment un riche réseau dans l'aire opaque, sur la paroi externe de la vésicule ombilicale. ls se montrent au début du second jour de l'incubation chez le oulet, et ils forment une couche spéciale que quelques auteurs nt désignée sous le nom de *feuillet vasculaire*, en sorte que e blastoderme aurait alors quatre feuillets au lieu de trois.

Nés sur place dans les îlots sanguins qui se trouvent à la face xterne de l'endoderme, dans la couche profonde du mésoderme, s capillaires se forment comme partout ailleurs.

Ces vaisseaux constituent l'*aire vasculaire*, qui se montre, non

(1) Dès l'origine il y a deux canaux artériels étendus du cinquième arc tériel à la branche correspondante de l'artère pulmonaire ; celui du côté oit s'oblitère et celui du côté gauche persiste jusqu'à la naissance.

dans l'embryon lui-même, mais dans la partie périphérique de l'aire opaque. Ces vaisseaux anastomosés forment un réseau qui se termine à une petite distance par un petit vaisseau circulaire plus ou moins complet, appelé *sinus terminal* (fig. 176).

Sur les coupes transversales représentant l'embryon, on voit les îlots sanguins sous forme de petits amas celluleux comme dans les figures 180 et 181.

Les cellules mésenchymateuses s'agencent en un réseau de cordons et en îlots cellulaires interposés. Par suite de la destruction des cellules, les noyaux sont refoulés vers la périphérie du cordon pour y former la paroi endothéliale. Des cellules contenues dans les cavités formeront les premiers globules sanguins.



Fig. 180. — Fragment d'aire vasculaire d'un embryon de poulet vu de face (d'après Disse).

1, îles de substance solide, en blanc entourées par le réseau vasculaire teint en gris. — 2, noyaux d'endothélium devant concourir à la formation des parois vasculaires. — 3, groupes de globules sanguins au milieu des capillaires.

Les capillaires forment par leurs anastomoses un fin réseau à mailles polygonales, faisant suite aux artères omphalo-mésentériques, n'occupant qu'une partie de la vésicule ombilicale, au voisinage de l'embryon, et aboutissant au sinus terminal.

Le *sinus terminal* est une sorte de veine circulaire qui limite la circulation sanguine du côté de la vésicule ombilicale. C'est dans le réseau capillaire de l'aire vasculaire que naissent les premiers globules rouges du sang, d'où ils vont dans la circulation générale par le sinus terminal et par les veines cardinales, racines des veines omphalo-mésentériques. Vers l'extrémité céphalique de l'embryon, le sinus terminal fait défaut : il est ouvert à ce niveau. Du reste, il est fréquent de le voir incomplet, faisant défaut par places.

Dans l'œuf des oiseaux, ce réseau capillaire se développe dès le second jour ; il est complet à la fin du troisième jour.

Un réseau capillaire analogue existe dans les parois des vésicules cérébrales, dans l'extrémité caudale de l'embryon et dans le corps de Wolff.

Veines. — Les veines partent en grand nombre des capillaires et surtout du sinus terminal. Ces veinules, dépourvues de valvules, se rendent, en fin de compte, dans les oreillettes du cœur, d'où le sang passe dans les ventricules, puis dans les arcs aortiques, l'ar-

tère aorte et les artères de l'extrémité céphalique et de l'extrémité caudale de l'embryon.

Toutes ces veinules se rendent dans quatre troncs veineux appelés *veines cardinales*. Les veines cardinales *antérieures* rapportent le sang de l'extrémité céphalique de l'embryon ; les veines cardinales *postérieures* rapportent le sang du corps de Wolff et de l'extrémité caudale. Les veines cardinales antérieure et postérieure du même côté se réunissent aux environs du cœur et forment un petit tronc. Il y a donc deux troncs semblables qu'on appelle *canaux de Cuvier* (1). Les deux canaux de Cuvier se confondent

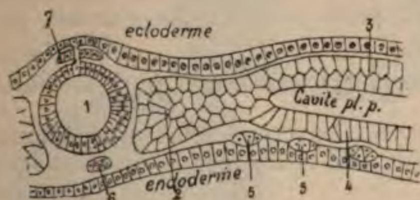


Fig. 181. — Coupe schématique transversale d'un embryon d'oiseau ou de mammifère montrant le développement des prévertèbres et les îlots de Wolff issus du mésoderme (moitié gauche).

1, canal neural. — 2, mésoderme, prévertèbres. — 3, lame fibro-cutanée ou somatopleure. — 4, lame fibro-intestinale ou splanchnopleure. — 5, 5, îlots de Wolff. — 6, corde dorsale. — 7, ganglions rachidiens.

pour former un seul tronc connu sous le nom de *canal veineux*.

Primitivement les deux veines omphalo-mésentériques s'ouvraient dans les oreillettes par deux ouvertures distinctes. Peu de jours après elles se sont réunies en un seul tronc s'ouvrant dans les oreillettes par une seule ouverture. C'est à ce tronc commun qu'on donne le nom de canal veineux. Les canaux de Cuvier et les veines cardinales ne sont que les racines des veines omphalo-mésentériques.

On voit, par cet exposé, que l'étude de la première circulation intra-utérine est plutôt anatomique que physiologique. Au point de vue physiologique, il suffit d'indiquer que les capillaires prennent leur provision nutritive, qui doit être bien minime, vu le petit volume de l'embryon, dans le liquide de la vésicule ombilicale, par un phénomène d'endosmose. La circulation de la vésicule ombilicale chez le poulet est plus importante et dure plus longtemps à cause de la grande quantité de vitellus contenu dans la vésicule ombilicale.

(1) Cuvier (Georges), né en 1769, mort en 1832. Professeur au Muséum et au Collège de France, créa l'anatomie comparée et la paléontologie.

Dans l'embryon humain la première circulation intra-utérine est de courte durée. Vers la quatrième semaine, la vésicule ombilicale commence à s'atrophier ; au cinquième mois, on n'en trouve que des traces.

Les vaisseaux de cette circulation s'atrophient également ; nous retrouverons plus tard leurs vestiges ou leurs transformations. La vésicule ombilicale se réduit à une petite poche à parois plissées, flétries ; l'area vasculosa disparaît, ainsi que le sinus terminal ; les vaisseaux omphalo-mésentériques se transforment. Les veines cardinales postérieures s'atrophient avec les corps de Wolff, mais leur tronc persiste sous le nom de *grande veine azygos* pour celle du côté droit et de *petite veine azygos* pour celle du côté gauche.

Deuxième circulation intra-utérine.

La deuxième circulation intra-utérine est déjà commencée lorsque la première cesse. Elle commence le cinquième jour chez l'embryon d'oiseau et elle est terminée au dix-neuvième.

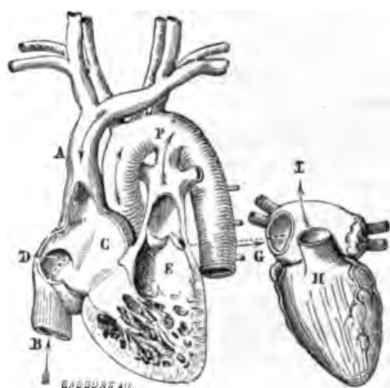


Fig. 182. — Cœur de fœtus ; les deux cœurs sont montrés séparés.

A, veine cave supérieure s'ouvrant dans le ventricule droit. — B, veine cave inférieure dont le sang passe par le trou de Botal D. (Il faut, par la pensée, porter le cœur gauche en arrière du cœur droit, de sorte que l'orifice G se trouve derrière l'orifice D et l'artère I, au-dessous de la crosse de l'aorte F.) Le ventricule droit E et l'oreillette droite C sont ouverts. — H, ventricule gauche.

Nous examinerons encore ici le cœur, les artères, les capillaires et les veines.

Cœur. — Le cœur fonctionne régulièrement comme chez l'adulte, mais il présente, anatomiquement, certaines différences en rapport avec le sommeil des poumons, puisque le fœtus ne respire pas par ses poumons.

Chez l'adulte, les quatre cavités du cœur sont pleines de sang ; les oreillettes reçoivent le sang des veines, les ventricules fournissent le sang aux artères. Il en est de même chez le fœtus, et cependant il n'y a pas de circulation pulmonaire. Voici l'explication :

L'*oreillette droite* reçoit le sang de la *veine cave supérieure* et de la *veine coronaire*, venue des parois du cœur. L'*oreillette*

(1) Circulation allantoïdienne, circulation placentaire.

gauche reçoit bien les veines pulmonaires, mais comme elles ne charrient pas de sang, c'est la veine cave inférieure qui remplit cette oreillette, voici comment. La cloison interauriculaire s'est

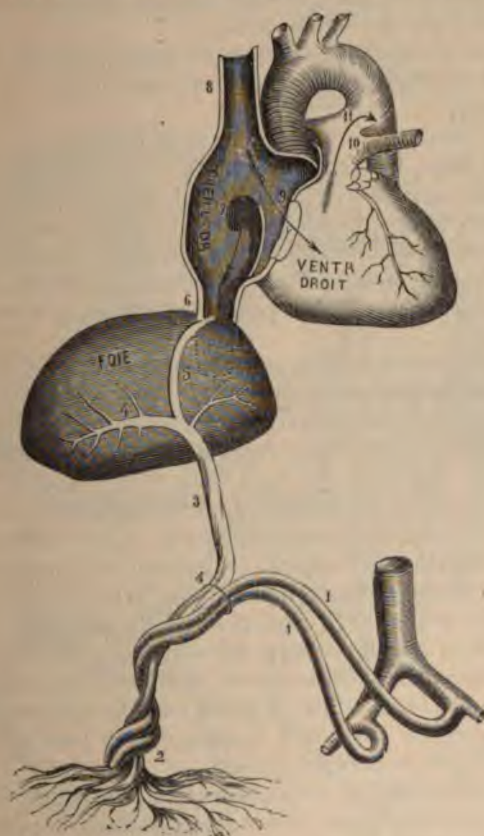


Fig. 183. — Circulation fœtale, principalement au niveau du cœur (schéma).

1, artères ombilicales. — 2, placenta et cordon. — 3, veine ombilicale. — 4, ombilic. — 5, canal veineux d'Aranzi. — 6, veine cave inférieure. — 7, 8, veine cave supérieure. — 9, trou de Botal (une flèche indique la direction du sang de la veine cave inférieure). — 10, division de l'artère pulmonaire. — 11, canal artériel. Deux flèches indiquent la direction du sang de la veine cave supérieure et du ventricule droit.

formée dans les premiers jours de la vie embryonnaire, ainsi que nous l'avons vu, par une moitié antérieure et une moitié postérieure allant à la rencontre l'une de l'autre, et limitant une ouverture, ou *trou de Botal*, faisant communiquer les deux oreillettes. De la partie antérieure de ce trou part une membrane qui forme la moitié

antérieure de la circonférence du trou de Botal et qui se dirige vers l'ouverture de la veine cave inférieure avec le bord droit de laquelle elle se confond. Cette membrane, *valvule d'Eustache* (1), forme une sorte de gouttière qui conduit dans l'oreillette gauche le sang de la veine cave inférieure.

Voilà les deux oreillettes pleines de sang versé par la veine cave inférieure à gauche, par la veine cave supérieure et la veine coronaire à droite.

Les deux oreillettes chassent le sang dans les ventricules d'où il est lancé dans les deux grosses artères. Celui du ventricule gauche passe par l'aorte et se rend à tous les organes et tissus par les ramifications de cette artère. Celui du ventricule droit est lancé dans l'artère pulmonaire, mais comme le sang ne peut se répandre dans le poumon qui se trouve à l'état de noyau réduit par suite du manque d'air, il passe dans l'aorte par le canal artériel.

Telles sont les dispositions anatomiques imposées par le défaut de circulation pulmonaire.

Du reste le cœur fonctionne comme celui de l'adulte, si ce n'est que ses battements sont plus fréquents.

Artères. — Les artères, dans l'appareil de la seconde circulation intra-utérine, sont fournies par l'aorte. Elles diffèrent peu des artères de l'adulte. Du ventricule gauche, le sang pénètre dans l'aorte ; du ventricule droit, il passe par l'artère pulmonaire qui le déverse dans l'aorte par le canal artériel, de sorte que l'aorte transporte en même temps le sang du ventricule gauche et celui du ventricule droit. Les poumons ne reçoivent que deux rameaux insignifiants, les artères bronchiques, mais les artères pulmonaires restent vides et ne recevront le sang que le jour où l'hématose pourra avoir lieu au contact de l'air.

Comme chez l'adulte, les ramifications de l'aorte se rendent à la tête, aux parois du tronc et aux viscères. Les iliaques primitives, branches de bifurcation de l'aorte et transformation des vertébrales postérieures, fournissent l'iliaque interne d'où naît une artère volumineuse, l'*artère ombilicale*. Les deux artères ombilicales s'appliquent aux faces latérales de la vessie et traversent l'ombilic pour faire partie du cordon ombilical dans lequel elles s'enroulent à la manière d'un tire-bouchon, et se rendent au placenta où elles forment un réseau vasculaire extrêmement délié.

(1) Eustachi ou Eustachio (Barthélemy), né vers 1500, mort vers 1570 ; médecin et professeur à Rome ; l'un des plus savants et des plus habiles anatomistes du XVIe siècle.

entre-croisé avec le réseau vasculaire maternel au contact duquel le sang du fœtus se revivifie.

Quoique les artères ombilicales soient volumineuses, on voit qu'elles ne portent au placenta qu'une partie du sang du fœtus.

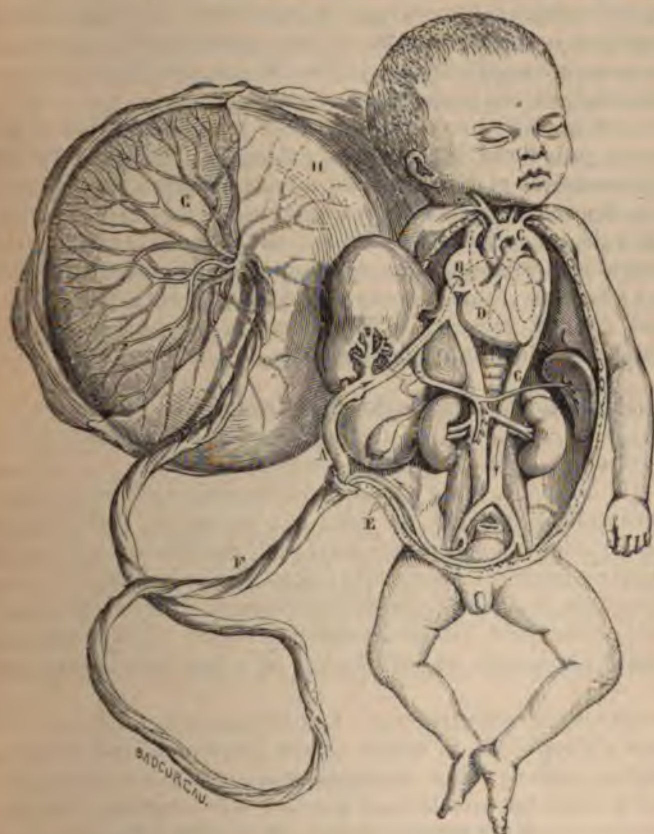


Fig. 184. — Deuxième circulation du fœtus, placenta et cordon.

A, veine ombilicale. — B, oreillette droite. — C, C, aorte. — D, ventricule droit. E, artères ombilicales. — F, cordon. — G, placenta. — H, amnios recouvrant le placenta.

Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer ici que le fœtus ne possède pas deux sangs distincts, veineux et artériel, comme l'adulte, et que le sang nourricier est transporté par les veines. Il s'artérialise, en effet, dans le placenta, revient, par la veine ombilicale et la veine cave inférieure, au cœur droit, où il se mélange avec le sang venu de toutes les parties du corps et rapporté par les

veines caves. Du cœur, il est transporté par les artères, et une partie seulement se rend au placenta.

Veines. — De tous les capillaires du corps de l'embryon et de ceux du placenta, le sang pénètre dans les veines et arrive au cœur par les deux veines caves. La *veine cave supérieure* charrie le sang de toute la portion sus-diaphragmatique du corps, tandis que la *veine cave inférieure* ramène le sang de la portion sous-diaphragmatique du corps et du placenta.

La *veine ombilicale* est double dans les premiers jours de sa formation, puis l'une de ces veines s'atrophie. Partie des ramifications placentaires et dépourvue de valvules, elle parcourt le cordon avec les deux artères ombilicales, traverse l'ombilic et se dirige en haut et à droite vers le foie. Elle est située dans le sillon antéro-postérieur et arrive au sillon transverse du foie où elle se divise en deux branches; l'une, sous le nom de *canal veineux* d'Aranzi [1] se rend dans la veine cave inférieure en passant sous le foie, l'autre s'ouvre dans la branche gauche de la veine-porte.

Transformation des vaisseaux chez l'embryon. — Au moment où la seconde circulation intra-utérine s'établit, il se produit de nombreuses modifications dans l'appareil circulatoire.

Du côté du cœur, nous avons vu la formation du trou de Botal, de la valvule d'Eustachi, et dans son voisinage, celle du canal artériel. Toutes ces modifications étaient nécessitées par la circulation placentaire et l'absence de circulation pulmonaire.

Nous avons vu les artères de la première circulation intra-utérine et la principale, l'omphalo-mésentérique; nous avons étudié également les veines et parmi elles la veine omphalo-mésentérique.

Que deviennent ces vaisseaux ? Les deux artères omphalo-mésentériques s'atrophient en même temps que la vésicule ombilicale où elles se rendent. Elles se réduisent à un petit tronc artériel qui se rend à l'intestin sous le nom d'*artère mésentérique*. Quant aux deux veines omphalo-mésentériques, elles se réduisent également à une seule veine, la *veine mésentérique, future veine porte.*

Les deux artères vertébrales postérieures se transforment en *iliaques primitives*, d'où naîtront les ramifications du bassin et des membres.

J'ai déjà dit comment les arcs aortiques donnent naissance aux artères de la tête.

1 Aranzi ou Arantius (Jules-César), né en 1530, mort en 1585. L'un des anatomistes les plus célèbres du XVI[e] siècle, élève de Vésale, professeur à Bologne.

Au moment de la naissance, le placenta devenu inutile et la circulation pulmonaire s'établissant, la veine ombilicale s'atrophie dans toute son étendue et se transforme en cordon fibreux, comme les deux artères ombilicales.

Au moment où s'établit la seconde circulation intra-utérine, la veine ombilicale se jette dans les oreillettes du cœur en se confondant avec la veine mésentérique, débris de la veine omphalo-mésentérique. La veine ombilicale et la veine mésenterique forment donc un tronc commun, assez court, autour duquel va se développer le foie.

Le foie se développe, ainsi que nous l'avons vu, par un diverticule de l'épithélium intestinal, diverticule qui pénètre dans les parois de ce tronc veineux. Chacune des veines, formant ce tronc commun, donne des ramifications au foie : celles de la veine mésentérique donneront naissance aux *veines hépatiques afférentes ;* les *veines hépatiques efférentes* naissent de l'extrémité de la veine ombilicale et souvent du tronc commun lui-même.

Les veines afférentes et efférentes deviendront *veines sus-hépatiques* et *ramifications de la veine porte*. Le tronc commun qui forme la partie supérieure de la veine cave inférieure s'effile vers la partie inférieure et forme la partie inférieure de la même veine.

Nous avons étudié plus haut les canaux de Cuvier. Celui du côté gauche s'atrophie, tandis que celui du côté droit se dispose de façon à former la veine cave supérieure. Le tronc veineux brachio-céphalique gauche est formé par une veine transversale unissant les deux veines cardinales antérieures, tandis que le tronc brachio-céphalique droit est formé par l'extrémité de la veine cardinale droite antérieure.

Je renvoie le lecteur au placenta pour le complément de cette étude.

ARTICLE V

ANNEXES DE L'EMBRYON

On appelle annexes de l'embryon l'ensemble des organes extra-embryonnaires qui concourent à la vie du fœtus.

Ces annexes sont : 1° le premier organe de nutrition de l'embryon ou vésicule ombilicale doublée à l'extérieur par la caduque ; 2° plusieurs organes concourant à la nutrition de l'embryon pendant la circulation placentaire : la vésicule allantoïde, le cordon ombilical et le placenta ; 3° deux membranes de protection pour l'embryon, l'amnios et le chorion.

§ 1. — CADUQUE

On donne ce nom à la muqueuse utérine pendant la grossesse, parce qu'elle doit tomber (de caduc, caduque, qui tombe de vieillesse, de vétusté).

Pendant les huit ou dix jours que dure le *voyage de l'œuf fécondé* de l'ovaire à l'utérus, la muqueuse utérine se tuméfie, devient turgescente et présente sur ses deux faces de nombreux plis qui s'engrènent de manière à combler la cavité utérine. Aussi l'œuf fécondé s'arrête-t-il presque toujours aux environs de l'embouchure des trompes de Fallope, au fond de l'utérus.

L'œuf arrêté par un des replis s'y fait un nid. A mesure qu'il grossit, la muqueuse se boursoufle, végète autour de lui, et finit par le recouvrir complètement. L'*ombilic de la caduque*, analogue à l'ombilic allantoïdien et à l'ombilic amniotique, est la petite ouverture qui existe au sommet de l'œuf au moment où la muqueuse utérine qui l'entoure va se confondre avec elle-même.

Il existe à ce moment trois portions bien distinctes dans la muqueuse utérine, dans la caduque : 1° la *caduque directe*, *caduque utérine* ou *caduque pariétale*, qui tapisse la cavité utérine ; 2° la *caduque réfléchie* ou *caduque ovulaire*, qui entoure l'œuf ; 3° la *caduque placentaire*, *caduque inter-utéro-placentaire*, ou *sérotine*, qui unit les deux autres, qui unit l'œuf à l'utérus, qui sera le siège du développement du placenta.

La caduque subit des modifications importantes dans le cours de la grossesse. Pendant les trois premiers mois de la grossesse, la caduque utérine et la caduque ovulaire présentent une exubérance d'accroissement et *s'hypertrophient*. Vers le quatrième mois, ce surcroît de vitalité diminue, il y a *atrophie* jusqu'au moment de l'accouchement, où les deux caduques confondues sont expulsées avec l'œuf. Au moment de l'expulsion, la muqueuse du col utérin reste et l'utérus est revêtu d'une nouvelle muqueuse qui a commencé à se former dès le quatrième mois de la grossesse (Ch. Robin).

Pendant la période d'hypertrophie, on constate la desquamation des cellules épithéliales avec leurs cils vibratiles, l'hypertrophie des glandes utérines qui s'allongent et s'élargissent, l'augmentation des flexuosités des vaisseaux sanguins, et la dilatation des veines, véritables *sinus veineux*, aux environs du point où se forme le placenta.

Pendant le premier mois de la grossesse, l'hypertrophie de la caduque utérine est si considérable qu'on peut la décomposer en

deux couches : une couche profonde, *couche spongieuse*, formée par les extrémités profondes des glandes qui constituent une sorte de système lacunaire, et une superficielle, *couche compacte*, composée de nombreux éléments hypertrophiés, surtout autour des vaisseaux flexueux, où les énormes cellules qu'on y trouve ont été appelées *cellules déciduales*, ce qui signifie cellules destinées à tomber.

Pendant l'atrophie, on observe des caractères inverses, les éléments de la muqueuse dégénèrent et deviennent graisseux.

Jusqu'à la fin du troisième mois, la caduque ovulaire passe sur l'orifice interne du col et sur les trompes qu'elle obstrue. A ce moment elle est encore séparable de la caduque utérine, mais à partir du quatrième mois les deux caduques se fusionnent de manière à ne former qu'une seule membrane.

Au moment de la chute de la caduque, les principaux éléments ont disparu : épithélium, glandes et vaisseaux.

Nous retrouverons la caduque sérotine ou placentaire en étudiant le placenta.

§ 2. — VÉSICULE OMBILICALE

Lorsque les bords de la plaque embryonnaire se rapprochent, se resserrent pour former l'ombilic, les feuillets du blastoderme se trouvent divisés en deux portions, l'une intra-embryonnaire, l'autre extra-embryonnaire. La portion extra-embryonnaire du feuillet interne, ou endoderme, prend le nom de *sac vitellin interne* ou *vésicule ombilicale*.

La vésicule ombilicale est la portion extra-embryonnaire du feuillet interne du blastoderme, ou endoderme, doublée par la couche interne du mésoderme, autrement dit par la splanchnopleure. On l'appelle encore *sac vitellin interne*, parce qu'elle renferme le vitellus, ou *intestinal* (parce qu'elle communique avec le centre de l'intestin), pour le distinguer du *sac vitellin externe*, ou *cutané*, formé par la somatopleure extra-embryonnaire.

Chez les oiseaux, la vésicule ombilicale renferme une énorme masse vésiculeuse suspendue à l'ombilic et contenant le jaune de l'œuf. Dans l'espèce humaine, elle est extrêmement petite.

Elle existe dans les premiers jours de l'incubation, dès que l'incurvation de l'embryon commence. Elle est de courte durée ; elle acquiert tout son développement au bout d'un mois et elle s'atrophie vers la septième semaine, par suite du développement de l'amnios qui la comprime. Au moment de l'accouchement, on en trouve quelquefois le vestige, entre les éléments du cordon, ou entre l'amnios et le chorion, sous forme d'une petite vésicule plis-

sée n'ayant pas plus d'un centimètre de diamètre. Son pédicule, aussi mince qu'un fil, est un cordon plein qui était d'abord canaliculé (*canal vitellin*) avant l'atrophie de la vésicule (fig. 185).

Sa *surface interne*, épithéliale, est en rapport avec le vitellus. Sa *surface externe* est le support des vaisseaux sanguins de la première circulation fœtale, ou circulation vitelline, autrement dit de l'area vasculosa et du sinus terminal, formé par les vaisseaux omphalo-mésentériques. Ces vaisseaux cheminent dans l'épaisseur de la couche mésodermique qui recouvre la surface externe de la vésicule ombilicale. En dehors de la vésicule ombilicale, on trouve le cœlome, les deux feuillets du mésoderme et le sac vitellin externe formé par la somatopleure.

Structure. — Elle est formée de trois couches qui sont de dedans en dehors, la couche épithéliale, la couche conjonctive et la couche vasculaire.

L'*épithélium* est stratifié ; il est formé de plusieurs plans de cellules arrondies recouvrant la face interne de la couche conjonctive (continuation de l'épithélium de l'endoderme).

La *couche conjonctive* est formée de fibres de tissu conjonctif entrecroisées.

La *couche vasculaire* est formée par la couche de mésoderme qui recouvre la vésicule ombilicale. Les vaisseaux sont ceux de la première circulation fœtale.

Un riche *réseau vasculaire* est situé dans cette couche. Le sang, apporté par les deux artères omphalo-mésentériques, puise dans le liquide visqueux de la vésicule ombilicale, vitellus, les matériaux de nutrition de l'embryon, en attendant l'apparition de l'allantoïde qui sera le siège de la deuxième circulation du fœtus. Il se dirige vers le sinus terminal, et il se jette ensuite dans les veines omphalo-mésentériques.

Le feuillet vasculaire, formé par les vaisseaux et le mésoderme, sépare la vésicule ombilicale du chorion ou mieux du sac vitellin externe.

A. Prenant a signalé la présence de glandules dans les parois de la vésicule ombilicale pendant une certaine période. Les cellules de ces glandes ressemblent à celles du foie, de telle sorte que, organe glandulaire et vasculaire, la vésicule ombilicale constituerait un *foie provisoire*.

La vésicule ombilicale communique largement avec l'intestin au moment de sa formation. Plus tard, lorsque le conduit omphalo-mésentérique est formé, elle communique avec l'anse iléo-cæcale. Au moment où la séparation a lieu entre la vésicule ombilicale et l'intestin, il reste parfois un petit pédicule, connu sous le nom de *diverticule de Meckel*.

§ 3. — VÉSICULE ALLANTOÏDE (1)

La vésicule allantoïde, ou sac urinaire (2), est un bourgeon creux, en forme de boudin, plein de liquide, partant de la portion d'endoderme qui forme l'intestin postérieur, et passant à travers l'ombilic pour s'étaler ensuite entre l'amnios et le chorion auquel elle porte les vaisseaux qui donneront naissance au placenta.

L'allantoïde n'existe à l'état de vésicule que chez quelques animaux, tels que ruminants, solipèdes, etc. Chez la femme, l'allantoïde n'est pas vésiculeuse et ne renferme pas de liquide.

L'allantoïde a deux portions : une intra-embryonnaire qui formera la vessie et l'ouraque, et une extra-embryonnaire qui servira de support aux vaisseaux ombilicaux ou allantoïdiens.

1° *Portion intra-embryonnaire.* — L'allantoïde se montre déjà au troisième jour de l'incubation. On voit un petit diverticule creux émerger de l'endoderme qui constitue l'intestin postérieur, sous le nom de *bourgeon* ou *éminence allantoïdienne*. Très exactement, ce bourgeon dérive d'une partie légèrement excavée, le *cæcum intestinal*, *intestin post-anal*, ou *intestin caudal*. C'est à l'union de l'allantoïde, de l'intestin caudal et de l'intestin postérieur que se fera la perforation de la membrane cloacale ou anale.

Au moment de la formation de l'allantoïde, cette vésicule se porte en bas, mais elle devient antérieure par suite de l'incurvation caudale.

La portion intra-embryonnaire de l'allantoïde s'étend jusqu'à l'ombilic. Elle a la forme d'un tube qui se rétrécit insensiblement depuis l'ombilic jusqu'à la vessie et qui porte le nom d'*ouraque*. L'ouraque s'oblitère complètement du cinquième au sixième mois

(1) *Allantos* ἀλλαντος, génitif d'*allas* ἀλλας, saucisson, et *eidos* εἶδος, forme, c'est-à-dire vésicule en forme de saucisson.

(2) La présence ou l'absence de l'amnios et de la vésicule allantoïde a fait diviser les vertébrés en deux classes, les *Allantoïdiens* et les *Anallantoïdiens*, et en *Amniotes* et *Anamniotes*. On sait que les vertébrés sont divisés en *acraniens*, dont l'amphioxus est le seul représentant, et en *craniotes*. Ces derniers se divisent en deux sections, celle des *Cyclostomes*, qui n'ont, en fait de squelettes que le crâne et la colonne vertébrale, et celle des *Gnathostomes*, comprenant l'immense majorité des vertébrés, qui possèdent des os, des membres, et surtout des os qui soutiennent les parois buccales. Les Gnathostomes sont divisés en trois séries, d'après Huxley : les *Ichthyopsidés*, parmi lesquels se trouvent les Amphibiens, les *Sauropsidés*, comprenant les oiseaux, et les *Mammifères*. Les Ichthyopsidés sont des anamniotes et des anallantoïdiens ; les sauropsidés et les mammifères sont allantoïdiens et amniotes.

de la vie intra-utérine, mais sa perméabilité persiste quelquefois et constitue une *fistule urinaire ombilicale.*

La partie inférieure de l'allantoïde se rétrécit sous forme d'un prolongement qui donnera naissance aux ***portions prostatique et membraneuse de l'urètre*** chez l'homme, et à la totalité de l'urètre chez la femme.

Entre cette portion rétrécie et l'ouraque, l'allantoïde se dilate et prend une forme ovoïde qui constituera la vessie. Sa paroi posté-

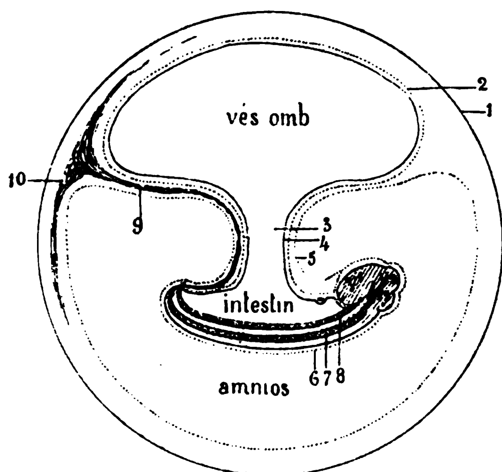


Fig. 185. — Figure schématique montrant l'embryon et ses annexes.

1, chorion. — 2, somatopleure, sac vitellin externe. — 3, pédicule et canal vitello-intestinal. — 4, sa couche interne ou splanchnique. — 5, amnios recouvrant sa couche externe ou somatique. — 6, ectoderme. — 7, canal neural. — 8, corde dorsale. — 9, vésicule allantoïde. — 10, son épanouissement à la face interne du chorion. — V', V², V³ les trois vésicules cérébrales.

rieure se trouve dans le cloaque, mais bientôt les bords du cloaque se portent en avant et en dedans pour se confondre en arrière de l'allantoïde et former la cloison vésico-rectale ou vésico-vaginale qui sépare la cavité de la vessie de celle du rectum ou du vagin.

Au moment où l'allantoïde se développe, elle est accompagnée par les deux artères ombilicales ou allantoïdiennes fournies par l'iliaque interne et allant se ramifier dans la portion extra-embryonnaire de cette vésicule.

Portion extra-embryonnaire. — Sortie de l'ombilic, l'allantoïde conserve la forme d'un tube, d'un boudin, et elle se dirige vers la paroi de l'œuf, à la face interne du chorion. Là elle semble s'écraser et s'étale en une membrane mince qui s'insinue rapidement entre la surface externe de l'amnios et la surface interne du cho-

ion dans toute l'étendue de l'œuf. Comme elle est partie de la face ventrale de l'embryon et qu'elle s'est portée directement au point de la paroi de l'œuf qui regarde cette face, on comprend que l'allantoïde ait, à un certain moment, la forme d'un parapluie dont la partie rectiligne formerait le manche. Mais cette forme de parapluie n'est que passagère, car l'allantoïde, s'étendant de plus en plus, prend la forme d'une sphère vésiculaire et vient se confondre avec elle-même en face du dos de l'embryon. Le point de sa réunion à elle-même est l'*ombilic allantoïdien*.

La portion extra-embryonnaire de l'allantoïde est chargée de porter les vaisseaux au

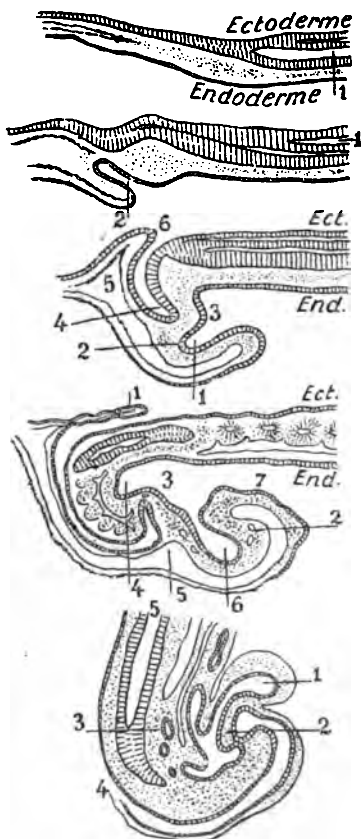


Fig. 186. — Développement de l'allantoïde observé sur des coupes longitudinales de l'extrémité postérieure de plusieurs embryons de poulet à 46 heures, 48 heures, 52 heures, 72 heures et 5 jours et demi d'incubation (Mathias-Duval).

Première figure. — On voit en 1 le cœlome entre la splanchnopleure et la somatopleure.

Deuxième figure. — 1, extrémité du canal neural. — 2, diverticule allantoïdien.

Troisième figure. — 1, diverticule allantoïdien. — 2, membrane anale ou cloacale. — 3, intestin postérieur. — 4, dépression sous-caudale. — 5, cœlome. — 6, amnios.

Quatrième figure. — 1, amnios. — 2, éminence allantoïdienne mésodermique. — 3, membrane anale ou cloacale. — 4, intestin caudal. — 5, cœlome. — 6, diverticule allantoïdien. — 7, intestin postérieur.

Cinquième figure. — 1, allantoïde. — 2, membrane anale ou cloacale. — 3, canal de Wolff. — 4, amnios. — 5, extrémité du canal neural.

chorion pour former le placenta. Dès que ce rôle est rempli, et que la vie du fœtus est assurée par les rapports intimes des vaisseaux allantoïdiens avec les vaisseaux utérins, elle s'atrophie et disparaît. Les vaisseaux allantoïdiens ou ombilicaux qui sont situés dans ses parois, se ramifient à la face interne du chorion, puis ils s'atrophient, excepté au niveau du point où l'allantoïde aborde le chorion, point où se formera le placenta. La circulation qui s'établira à ce niveau fera partie de la *deuxième circulation fœtale*.

Le tissu de l'allantoïde atrophiée formera dans la paroi de l'œ une membrane qui restera interposée au chorion d'une part, à l'amnios et au sac vitellin de l'autre.

La *surface interne* de l'allantoïde, en contact avec le *liquide allantoïdien* est lisse et polie chez les animaux qui possèdent l'allantoïde à l'état de vésicule. La *surface externe* adhère faiblement au chorion en dehors, à l'amnios et au sac vitellin en dedans. Les vaisseaux allantoïdiens ou ombilicaux cheminent dans son épaisseur.

La *structure* de l'allantoïde, chez les animaux qui ont une vésicule allantoïdienne, est la suivante : on y trouve de l'intérieur vers l'extérieur : 1° une couche de *cellules endothéliales* analogues à celles des séreuses ; 2° une couche de *tissu conjonctif* à fibrilles entrecroisées ; 3° une couche de *cellules plates* ; 4° les éléments du *mésenchyme* entre lesquels rampent les vaisseaux ; c'est ce tissu que Dastre appelle *tissu inter-annexiel*.

Ce tissu n'est autre chose que le mésenchyme de la splanchnopleure aux dépens duquel se forment les vaisseaux allantoïdiens.

Le *liquide allantoïdien* n'existe pas dans l'espèce humaine. On le rencontre chez quelques mammifères, ruminants, cheval, etc. Il est peu abondant, mais il augmente de quantité à mesure que la gestation fait des progrès. Incolore à l'origine, il devient jaunâtre plus tard et reste transparent. De réaction alcaline, le liquide allantoïdien augmente de densité jusqu'à 1 020, à la fin de la gestation. Il renferme de l'albumine, de l'allantoïne, de l'urée, du chlorure de sodium et du sucre.

§ 4. — CORDON OMBILICAL

Le cordon ombilical, unissant la mère et le fœtus, porte à ce dernier les éléments nutritif et respiratoire qui lui sont transmis par le sang de la mère au niveau du placenta.

Sa *longueur* est de cinquante centimètres en moyenne, mais il y a des cordons *courts*, jusqu'à cinq centimètres, et des cordons *longs* pouvant aller jusqu'à un mètre soixante-quinze centimètres.

Son *diamètre* est de douze à quinze millimètres, mais on en observe de très grêles, cordons *maigres*, et de très gros, cordons *gras*, différence qui tient à la substance unissante répandue entre les éléments du cordon, la gélatine de Wharton.

La *constitution* du cordon change aux diverses époques de la grossesse. Autour du cordon il existe une *gaine séreuse* formée par l'amnios, qui est d'autant plus longue qu'on se rapproche davantage du terme de la grossesse. Cette gaine est gluante et glissante comme on peut s'en assurer en tirant le cordon après l'accouchement

ment. Les *organes essentiels* du cordon sont les vaisseaux sanguins. Primitivement, on y trouve les vaisseaux omphalo-mésentériques et le pédicule de la vésicule ombilicale; mais vaisseaux et vésicule s'atrophient bientôt et n'ont qu'une existence éphémère de six à sept semaines. Plus tard on y trouve les vaisseaux allantoïdiens, et la vésicule allantoïde qui s'atrophie également. Les vaisseaux allantoïdiens persistent, se développent et se transforment en deux *artères ombilicales* et une *veine ombilicale*. Ils sont enroulés en spirale; la veine, dépourvue de valvules, est située entre les deux autres.

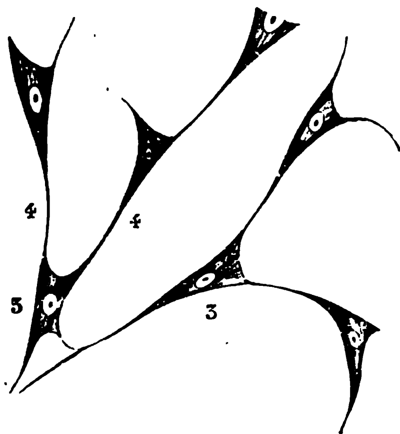


Fig. 187. — Tissu muqueux formant la gélatine de Wharton : les cellules sont disséminées et anastomosées au milieu d'une substance intercellulaire très abondante.

La disposition de ces vaisseaux en hélice donne naissance à des nœuds, *nodi*. P. Berger a décrit, dans les parois artérielles, des replis qui peuvent s'effacer par la dissection.

En résumé, le cordon, tel qu'il se présente à la naissance, est formé par les trois vaisseaux ombilicaux, par le pédicule de l'allantoïde atrophiée, par les vestiges souvent introuvables de la vésicule ombilicale et des vaisseaux omphalo-mésentériques, par la gélatine de Wharton qui réunit et entoure tous ces éléments, enfin par la gaine amniotique qui entoure le tout.

Quand l'enfant naît, on lie le cordon à six centimètres de l'ombilic après s'être assuré qu'il n'y reste pas une anse d'intestin. On fait un pansement antiseptique simple; le cordon se dessèche et tombe spontanément au bout de huit jours.

La *gélatine de Wharton* est un tissu conjonctif muqueux em-

bryonnaire. Il réunit les organes du cordon ombilical et il ne renferme pas de vaisseaux qui lui soient propres. Les vaisseaux ombilicaux qui traversent la gélatine de Wharton ne lui donnent aucune ramification. Il est formé de cellules de tissu conjonctif à longs prolongements anastomosés. Ces cellules fixes, entremê-

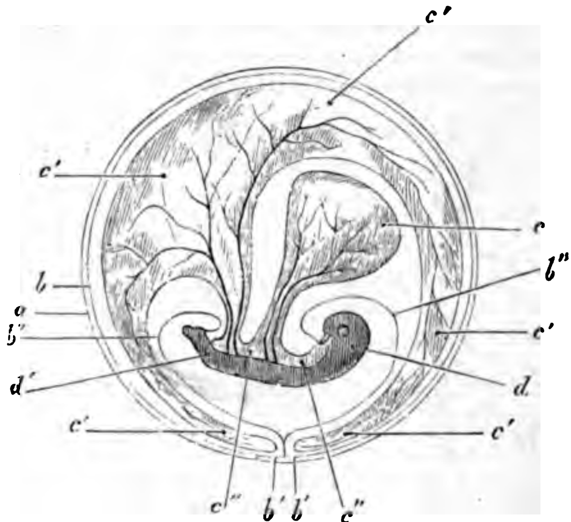


Fig. 188. — La vésicule allantoïde issue de l'intestin postérieur porte les vaisseaux allantoïdiens à la surface interne du chorion où elle s'étale.

a, chorion primaire. — *b*, chorion secondaire. — *b'*, *b'*, fusion des deux replis au moment où l'amnios est achevée. Au point de fusion de ces replis est l'ombilic amniotique. — *b''*, *b''*, capuchon céphalique et capuchon caudal de l'amnios. — *c*, vésicule ombilicale commençant à s'atrophier. — *c'*, *c'*, *c'*, *c'*, vésicule allantoïde et vaisseaux allantoïdiens. — *c''*, *c''*, rudiment de l'intestin de l'embryon. — *d*, extrémité céphalique de l'embryon. — *d'*, extrémité caudale.

lées de quelques migratrices, sont plongées au milieu d'une substance intermédiaire muqueuse. De fins faisceaux de fibrilles conjonctives, d'autant plus développés qu'on examine le cordon plus près de la naissance, sont situés entre les cellules et affectent une disposition longitudinale.

§ 5. — PLACENTA

Le placenta est une masse spongieuse aplatie, seul moyen d'union vitale entre la mère et le fœtus.

Il s'insère ordinairement au fond de la cavité utérine ; mais il peut s'implanter sur tous les autres points, même sur le col.

Cet organe, en forme de disque aplati, est quelquefois ovale. Il

présente de douze à quinze centimètres de largeur, de deux à trois d'épaisseur.

On lui considère deux faces et une circonférence.

La *face externe* ou *maternelle* est adhérente à la paroi utérine. Elle est irrégulière et présente des saillies de la grosseur d'une noisette, d'une petite noix, séparées par des sillons. Ces saillies constituent les *lobes* ou *cotylédons*; les sillons sont appelés *espaces*

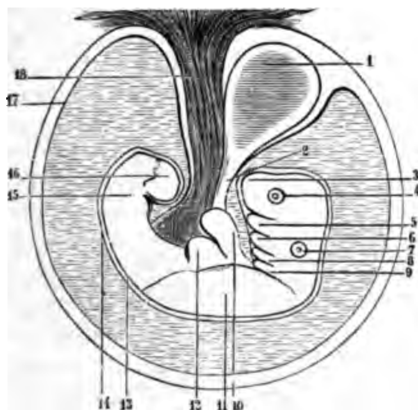


Fig. 189. — Cette figure montre la vésicule allantoïde portant les vaisseaux au chorion pour former le placenta.

1. vésicule ombilicaie. — 2, conduit omphalo-mésentérique. — 3, bourgeon frontal. — 4, vésicule oculaire. — 5, 6, 8, 9. Les quatre premiers arcs pharyngiens. —7, vésicule auditive. — 10. cœur. — 12, foie. — 13, 14, surface de l'embryon. — 15, 16, extrémité caudale de l'embryon. — 17, amnios et liquide amniotique. — 18, cordon ombilical en voie de formation.

intervilleux. Nous verrons plus loin, en étudiant la structure de cet organe, que chaque cotylédon, formé par une touffe de villosités, possède une circulation indépendante de celle des cotylédons voisins.

Cette face est saignante au moment où la délivrance vient de s'opérer, puisqu'on sépare par voie d'arrachement le placenta fœtal du placenta maternel.

La *face interne ou fœtale* regarde la cavité de l'œuf. Elle est baignée par le liquide amniotique, et elle donne insertion par sa partie centrale au cordon ombilical (insertion centrale). Quelquefois, le cordon s'insère près de la circonférence du placenta (insertion marginale), qui prend, dans ce cas, le nom de *placenta en raquette*.

La face interne ou fœtale est lisse et recouverte par l'amnios. On y voit des vaisseaux flexueux et très volumineux (ramifications

des vaisseaux ombilicaux) qui se portent du cordon ombilical vers la circonférence du placenta.

La *circonférence* est un peu plus mince que le reste de l'organe. On y trouve souvent une substance blanchâtre formée par de la fibrine.



Fig. 190. — Schéma des villosités au début de la formation du placenta.

1, troncs artériels allantoïdiens. — 1', troncs veineux allantoïdiens. — 2, villosités avec leurs capillaires. — 3, muqueuse utérine pénétrant entre les villosités jusqu'au chorion. — 4, chorion formant une membrane continue interrompue par l'orifice de la villosité ; cette membrane forme une cloison entre les troncs allantoïdiens et les capillaires des villosités. — 5, cavité de l'œuf.

Rapports. — Le placenta, étant constitué, d'une part, par le prolongement des vaisseaux allantoïdiens, et d'autre part, par les vaisseaux de la muqueuse utérine, est naturellement en rapport par sa face externe avec le tissu même de l'utérus, et par sa face fœtale avec la membrane amnios, qui le sépare du liquide amniotique.

Structure. — Le tissu du placenta présente à étudier :

1° Les villosités du chorion, qui se ramifient et s'enfoncent dans la caduque utérine ; 2° les vaisseaux contenus au centre des villosités ; 3° la caduque utérine elle-même.

Villosités. — Les *villosités* sont constituées par les mêmes éléments que le chorion.

Elles sont ramifiées et creusées de cavités ; elles ne présentent aucune ouverture, si ce n'est du côté du chorion, où elles reçoivent les vaisseaux. Elles représentent donc un système de tubes ramifiés et fermés du côté de l'utérus. Leur paroi est très mince. Chaque villosité ramifiée forme une touffe et donnera naissance à un cotylédon.

Il existe à la surface de la villosité, comme à la surface externe du chorion, deux couches épithéliales persistant en partie jusqu'à la naissance. A l'extrémité de ces ramifications sont des *crampons*

tinés à fixer les villosités à la caduque et formés par de petits ırgeons de l'épithélium chorial.

Vaisseaux. — Les *vaisseaux* contenus dans les villosités pro-



Fig. 191. — Disposition des vaisseaux dans les villosités du placenta.
1, cordon. — 2, 3, amnios. — 4, 5, 6, vaisseaux des villosités. — 7, 8, sinus veineux.

ennent des vaisseaux allantoïdiens qui doivent former plus tard s vaisseaux ombilicaux. Ces vaisseaux se divisent dans les vil-



Fig. 192. — Villosité choriale de l'embryon humain de trois mois (d'après Prenant).

sités, comme les villosités elles-mêmes. Quelques-unes sont vides. ns chaque branche de ramification des villosités, se trouve une

anse vasculaire qui tient à l'artère ombilicale d'un côté, à la veine ombilicale de l'autre. C'est l'anse elle-même qui constitue le capillaire ; c'est elle aussi qui est le siège des transformations que subit le sang du fœtus dans le placenta. Les vaisseaux ont la même disposition dans toute l'étendue du placenta : ils constituent un système vasculaire tout particulier, formé uniquement par des anses (fig. 194). Nulle part, il n'existe d'ouvertures sur ces vaisseaux, nulle part on ne voit ces vaisseaux communiquer avec ceux de la

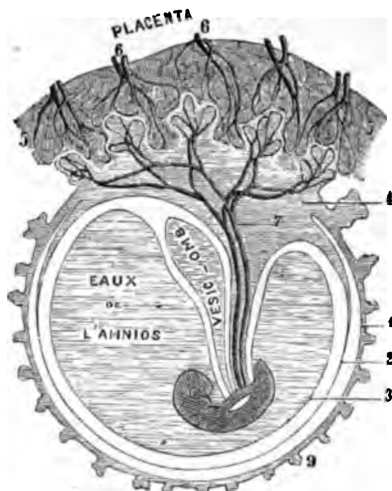


Fig. 193. — Engrènement du placenta fœtal et du placenta maternel. Figure schématique.

1, chorion et ses villosités atrophiées. — 2, prolongement de la vésicule allantoïde entre le chorion et l'amnios. — 3, amnios. — 4, substance du placenta fœtal avec ses villosités vasculaires. — 5, 5, caduque placentaire formant le placenta maternel. — 6, 6, vaisseaux du placenta maternel formant des anses entre les villosités du placenta fœtal. — 7, vaisseaux ombilicaux ou allantoïdiens.

mère. Les phénomènes de respiration et de nutrition du fœtus se passent dans le placenta ; ils se font par endosmose et exosmose au contact des vaisseaux de la mère, mais le sang fœtal ne passe jamais dans les vaisseaux de la mère. Les villosités que nous venons de décrire s'enfoncent dans la muqueuse utérine et plongent dans les lacs sanguins de l'utérus.

Le placenta n'est pas uniquement formé par ces villosités. Du côté de la mère, on voit, en effet, la muqueuse utérine en contact avec le placenta se tuméfier et former des plis qui s'interposent aux cotylédons. L'ensemble de ces replis en forme de villosités constitue le *placenta maternel.*

L'ensemble des cotylédons constitue le *placenta fœtal*.

Les villosités qui proviennent de l'utérus présentent des anastomoses extrêmement fréquentes entre les vaisseaux qu'elles renferment. Ces anastomoses sont si nombreuses, si multipliées,



Fig. 194. — Une branche de villosité.
1, artère. — 2, veine. — 3, 4, tissu chorial formant la paroi de la villosité.

qu'on a donné à cette portion de muqueuse le nom de *lac placentaire*.

Caduque utérine. — Lorsque j'ai décrit la caduque, j'ai dit que la caduque utérine et la caduque ovulaire se continuaient au niveau du point d'implantation de l'œuf, au point ou se formera le placenta, sous le nom de *caduque sérotine* ou *caduque placentaire*. C'est cette portion de caduque qui se laisse pénétrer par les villosités du chorion chargées de vaisseaux ; c'est elle qui s'hypertrophie pour pénétrer, pour s'engrener avec les touffes de villosités du chorion. Elle fait donc partie intégrante du placenta.

Développement. — Après la fécondation, l'œuf arrive dans l'utérus ; aussitôt, il se développe à sa surface des prolongements ou villosités. Ces villosités deviendront le siège de la formation de

vaisseaux. La plupart s'atrophient. Mais celles qui doivent constituer le placenta s'allongent et se creusent de cavités ; en même temps, elles se ramifient et forment chacune une touffe ou *cotylédon*. Les vaisseaux provenant de l'allantoïde pénètrent dans les villosités et dans leurs ramifications tubuleuses où ils forment des anses. La circulation de chaque cotylédon est indépendante de celle des autres.

En même temps que se développent les villosités choriales du fœtus, se montrent les villosités de la mère et une substance amorphe intermédiaire aux villosités.

Aussitôt après l'accouchement, après l'expulsion du fœtus, l'utérus, contractile, revient sur lui-même et tend à se débarrasser de cette masse spongieuse volumineuse qui sera expulsée à son tour avec le reste des membranes sous le nom de *délivre* ou *arrière-faix*. Mais comme cette expulsion ne peut pas s'opérer sans qu'il se produise quelques déchirures vasculaires du placenta maternel entrelacé avec les vaisseaux du placenta fœtal, on conçoit qu'il existe dans la cavité utérine une plaie fraîche cruentée. Cette plaie doit être traitée, comme une plaie exposée, par des moyens d'extrême propreté, *asepsie*, et même, comme traitement préventif des complications qui pourraient survenir, par des injections antiseptiques (sublimé à 1 pour 3 000, etc.).

Fonctions du placenta. — Le placenta, je le répète, est le seul moyen d'union vital entre la mère et l'enfant. A quoi sert-il ? Il est l'organe de la *respiration* et de la *nutrition* du fœtus. Celui-ci ne respire pas à proprement parler et il a besoin d'oxygène ; il n'est pas alimenté et il a cependant besoin d'aliments.

Respiration. — *L'hématose* du fœtus s'opère dans le placenta comme elle a lieu dans nos poumons. Le sang artériel de la mère est apporté au placenta par les artères utérines ; celles-ci se ramifient et se subdivisent en capillaires, qui s'entremêlent avec les capillaires des vaisseaux ombilicaux. Le sang de ces derniers, rapporté au placenta par les artères ombilicales, prend l'oxygène du sang de la mère et lui donne de l'acide carbonique, par endosmose à travers les parois membraneuses des capillaires, puis il retourne vers le fœtus, avec les propriétés du sang artériel, par la veine ombilicale.

L'appareil de la respiration du fœtus ne fonctionnant pas, il est facile de comprendre qu'il doit se trouver dans un état anatomique différent de celui qu'il présentera après la naissance. Les poumons sont petits, durs, d'un rouge foncé, et s'enfoncent dans l'eau. Ils sont nourris par l'artère bronchique et ne reçoivent pas de sang

des artères pulmonaires (celles-ci ne fonctionnent qu'à la naissance, pour mettre le sang veineux en contact avec l'air, dans les lobules pulmonaires) ; le diaphragme remonte très haut dans la cavité thoracique et peut atteindre la deuxième côte. Le tronc du fœtus présente peu d'épaisseur. Immédiatement après la naissance, au premier cri de l'enfant, les poumons se dilatent, reçoivent l'air et le sang. Le diaphragme et le foie sont refoulés vers la partie inférieure de l'abdomen. Ces changements donnent immédiatement un grand développement au thorax et à l'abdomen de l'enfant.

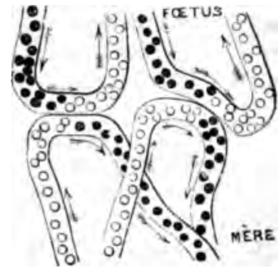


Fig. 195. — Schéma des vaisseaux du placenta et de la respiration du fœtus.

Les flèches indiquent le cours du sang ; les globules noirs représentent les globules chargés d'acide carbonique ; les blancs sont supposés chargés d'oxygène. On voit comment les globules du fœtus prennent l'oxygène dans le sang de la mère.

Nutrition. — Il en est de même de la nutrition. Au contact des vaisseaux capillaires maternels et fœtaux, il ne se fait pas seulement de l'*endosmose gazeuse*, mais il s'établit aussi deux courants en sens inverse d'*endosmose liquide*. Les matières nutritives dissoutes dans le plasme sanguin de la mère pénètrent dans l'enfant à travers les parois des capillaires et *vice-versa*. Cela est si vrai qu'on retrouve dans le sang du fœtus des médicaments pris par la mère. C'est par la même voie, très probablement, que des maladies sont transmises de la mère à l'enfant. On trouve dans le sang du fœtus le chloroforme qu'on a fait respirer à la mère, etc.

C'est bien par endosmose que se fait cette pénétration et il faut bien savoir qu'il n'existe aucune communication directe entre les vaisseaux de la mère et ceux de l'enfant. En voici la preuve : quand une femme meurt d'hémorragie pendant l'accouchement, elle peut perdre tout son sang et le fœtus n'en perd pas une goutte.

§ 6. — AMNIOS

Amnios. — L'amnios est une vaste poche renfermant le liquide amniotique dans lequel est suspendu le fœtus par le cordon ombilical.

L'amnios forme une cavité close. Cette membrane offre la plus grande analogie avec une *séreuse*, la plèvre par exemple. Son *feuillet pariétal* double la face interne du chorion et du placenta ; son *feuillet viscéral* est représenté par l'épiderme du fœtus. Les deux feuillets sont reliés par une *gaine* amniotique qui entoure le

cordon, de manière à établir une continuité parfaite entre le feuillet viscéral et le feuillet pariétal. Cette gaine est, en tout, semblable à celle qui entoure le pédicule du poumon et qui unit le feuillet viscéral avec le feuillet pariétal de la plèvre.

Sa *surface externe* est adhérente au chorion, doublé plus tard par la vésicule allantoïde étalée, avec la face interne du placenta et avec les éléments du cordon.

Sa surface interne, lisse et polie, est en contact avec le liquide

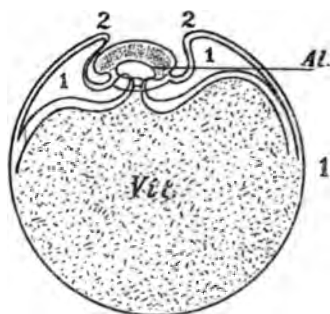


Fig. 196. — Coupe schématique de l'œuf de poulet (longitudinale). 3e jour de l'incubation (d'après O. Hertwig).

1, 1, portion extra-embryonnaire de la cavité pleuro-péritonéale. — 2, 2, replis amniotiques. On voit le point où se formera l'allantoïde et le vitellus remplissant la vésicule ombilicale.

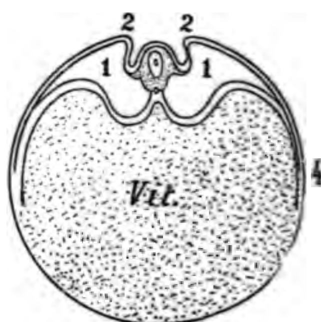


Fig. 197. — Coupe transversale d'un embryon de poulet au 3e jour (d'après O. Hertwig).

1, 1, portion extra-embryonnaire de la cavité pleuro-péritonéale. — 2, 2, replis amniotiques.

amniotique. Au voisinage du cordon elle présente de petites saillies, de la grosseur de grains de millet, *caroncules amniotiques* de Müller, et quelques prolongements filiformes, simples ou ramifiés, *villosités amniotiques*.

La *portion ombilicale* de l'amnios forme un tube complet aux éléments du cordon ombilical. Ce tube se resserre de plus en plus. Sa surface est luisante et comme gélatineuse. Elle glisse sous le doigt, comme ont pu s'en apercevoir les personnes qui ont pratiqué des accouchements.

Au moment de l'accouchement régulier, la tête du fœtus dilate le col utérin et se moule sur la circonférence du bassin. La tête refoule du côté du col une petite partie du liquide amniotique qui détermine la saillie de l'amnios et du chorion au niveau de l'orifice utérin dilaté. C'est la *poche des eaux*, dont la rupture indique que le travail de l'accouchement avance. Le reste du liquide amniotique est emprisonné par la tête, qui fait l'office de bouchon

au niveau du col. Il continue à baigner le corps à la sortie du fœtus tout entier, qui entraîne le liquide avec lui. L'écoulement total du liquide amniotique avant la fin du travail est une mauvaise condition pour l'accouchement.

Structure. — La structure de l'amnios comprend deux couches : une couche interne, en contact avec le liquide amniotique qui en est une exhalation, formée d'une seule couche d'*épithélium pavimenteux* dont le ciment intercellulaire est très résistant ; une couche externe formée de *tissu conjonctif* contenant des cellules étoilees très pâles.

Remak, Kölliker, Vulpian ont signalé des fibres musculaires lisses dans les parois de l'amnios.



Fig. 198. — Coupe longitudinale au 4e jour.

1, 1, cavité pleuro-péritonéale (portion extra-embryonnaire). L'amnios est complètement formé, l'allantoïde commence à se développer, la vésicule ombilicale diminue de volume (d'après O. Hertwig).

Liquide amniotique. — Le liquide amniotique remplit l'amnios et entoure le fœtus. Il augmente insensiblement jusqu'au moment de l'accouchement. Sa quantité varie de 500 grammes à 1 000 grammes. Au début, c'est un liquide clair, transparent et insipide. Plus tard, il change de composition à cause de l'excrétion urinaire du fœtus qui se mélange à ce liquide ; il devient salé. Pendant toute la durée de la grossesse, il ne subit aucune altération parce qu'il est à l'abri de l'air, mais dès qu'il est en contact avec l'air, il se putréfie rapidement.

Si on analyse le liquide amniotique vers la fin de la grossesse, on constate qu'il renferme, outre les cellules épithéliales, de l'urée, de l'albumine, du chlorure de sodium, des sels de chaux et de soude, de la graisse, du sucre.

Il ne faudrait pas croire que les excrétions du fœtus soit considérables. La plupart des organes sommeillent chez le fœtus. A part la peau qui fonctionne un peu, et le rein, dont le produit, si peu abondant, est versé par la vessie dans le liquide amniotique, les organes du fœtus sont dans le repos le plus complet. Le liquide amniotique baigne les narines, dont les bords sont appliqués à eux-mêmes ; il ne peut pénétrer dans les voies respiratoires. Le thorax est sans mouvement. Le liquide amniotique baigne les lèvres hermétiquement fermées, de sorte que le liquide ne peut pas pénétrer dans la bouche.

Développement. — L'amnios commence à se montrer dès le second jour de l'incubation. Depuis le commencement de son apparition, il augmente sans cesse jusqu'à la fin de la grossesse.

Au moment où la plaque embryonnaire s'incurve et forme une cavité par le rapprochement de ses bords qui constituent les replis céphalique, caudal et latéraux, on voit que le feuillet externe du blastoderme est soulevé par la circonférence de la plaque embryonnaire pour former les capuchons céphalique, caudal et latéraux. Le feuillet externe du blastoderme soulevé s'étend et



Fig. 199. — Coupe longitudinale d'un embryon de poulet au 7e jour (d'après O. Hertwig).

1, 1, portion extra-embryonnaire de la cavité pleuro-péritonéale agrandie pour la compréhension du dessin. L'amnios et l'allantoïde se développent pendant que la vésicule ombilicale s'atrophie.



Fig. 200. — Schéma montrant le développement de l'amnios.

a, vitellus entouré par la splanchnopleure extra-embryonnaire ou vésicule ombilicale. — *b*, *b*, splanchnopleure. — *c*, cavité de l'amnios. — *d*, somatopleure extra-embryonnaire. — *e*, membrane vitelline.

se développe sur toute la surface dorsale de l'embryon. On peut se rendre compte de ce développement en examinant une coupe longitudinale de l'embryon, comme dans la figure 196. On voit que, à un moment donné, ce feuillet soulevé vient se confondre avec lui-même vers le milieu du dos de l'embryon. On appelle *ombilic amniotique* le trou qui existe au moment de la fusion de cette membrane avec elle-même. Au moment où les replis se rejoignent vers l'ombilic amniotique, la portion du feuillet externe du blastoderme qui regarde la face dorsale de l'embryon se détache du feuillet externe et forme une petite poche isolée qui est l'amnios.

Dès le commencement du troisième jour, l'amnios est une poche complète. A partir de ce moment, l'amnios prendra de l'extension par suite de l'accumulation du liquide qui s'interpose entre cette membrane et la face dorsale de l'embryon. A mesure que le liquide augmente, l'amnios s'étend par suite de la multiplication des éléments qui la constituent. L'amnios s'insérant à la circonférence de

l'ombilic, on conçoit que cette poche, en se dilatant, exercera une compression sur les organes du voisinage qu'elle atrophiera pour ainsi dire. C'est ainsi que la vésicule ombilicale se rapetisse insensiblement par suite du développement de l'amnios : il est vrai que cette atrophie est due également à la disparition du vitellus. On conçoit également comment la vésicule allantoïde se trouve amincie et comprimée entre le chorion qui résiste et l'amnios qui se distend continuellement.

On tend à admettre aujourd'hui que l'amnios se développe d'une



Fig. 201. — Embryon de poulet, après 48 heures d'incubation. Coupe transversale montrant la formation de l'amnios.

Dans cette figure, la face dorsale de l'embryon regarde en haut.

On voit sur la ligne médiane le canal de l'épendyme au centre de la moelle, la corde dorsale, et de chaque côté les prévertèbres.

A, cavité pleuro-péritonéale. — B. lame fibro-cutanée, feuillet externe du blastoderme se soulevant pour former l'amnios. — C, repli de l'amnios. — D, point de réunion des deux replis amniotiques, *ombilic amniotique*.

manière différente. Ces diverses manières de voir prouvent combien sont difficiles les études embryologiques.

Le mode d'évolution de l'amnios décrit ci-dessus est parfaitement applicable aux reptiles et aux oiseaux. Mais il paraît qu'il n'en est pas de même chez les mammifères, l'espèce humaine comprise. Chez les mammifères il se formerait, sur la face dorsale de l'embryon, un épaississement de l'ectoderme qui s'excaverait avec relèvement de ses bords de manière à former une sorte de cupule. Ce seraient les bords de cette cupule qui se renverseraient vers le centre de la face dorsale de l'embryon pour se réunir et emprisonner une cavité qui serait la cavité amniotique. Le développement ultérieur de l'amnios et du liquide amniotique ne différerait pas de ce qui a été dit précédemment.

§ 7. — CHORION OU SAC VITELLIN EXTERNE

Chorion. — Le chorion, entouré par la caduque, est l'enveloppe la plus extérieure de l'œuf. Quoiqu'elle n'ait pas un millimètre d'épaisseur, au moment de l'accouchement, cette épaisseur aug-

mente insensiblement, au fur et à mesure que l'œuf grossit. Il protège les parties profondes. Dans les premiers jours qui suivent la fécondation, le chorion est formé par la membrane vitelline. Un peu plus tard, à cette membrane vient s'ajouter le feuillet externe du blastoderme, la somatopleure, qui en recouvre la surface interne. Quelque temps après, ce feuillet se trouve lui-même doublé, à sa surface interne, par l'épanouissement de la vésicule allantoïde qui s'interpose à la paroi de l'œuf et à la membrane amnios.



Fig. 202. — Position du fœtus dans la cavité utérine avant la naissance.

a, paroi utérine. — *b*, portion de vessie. — *c*, vagin. — *d*, paroi postérieure. — *e*, paroi antérieure. — *f*, *g*, les deux feuillets de la caduque. — *h*, placenta maternel, plis de la muqueuse utérine. — *i*, placenta fœtal. — *k*, chorion. — *l*, amnios. — *m*, membrane formée par l'allantoïde. — *n*, *o*, vestiges de la vésicule ombilicale et du conduit omphalo-mésentérique. — *p*, cordon ombilical. — *q*, liquide amniotique. — *r*, fœtus.

D'après Coste, et cette opinion a prévalu, les trois membranes précédemment citées formeraient trois chorions successifs, de telle sorte que le chorion *primaire* serait formé par la membrane vitelline. Celle-ci disparaîtrait pour faire place au chorion *secondaire*, représenté par le feuillet externe du blastoderme, qui disparaîtrait à son tour pour être définitivement constitué par la vésicule allantoïde enveloppant l'amnios, *chorion tertiaire*.

Le chorion, au terme de la grossesse, est plus épais que l'amnios et cependant moins résistant.

La *surface externe* est recouverte par la caduque.

On appelle *chorion touffu*, *chorion frondosum*, la partie couverte de villosités rameuses; l'autre portion est le *chorion lisse*, *chorion læve*.

La *surface interne* adhère à l'amnios d'abord, et plus tard à la vésicule allantoïde qui s'insinue, avec les vaisseaux, entre le chorion et l'amnios.

Structure. — Le chorion est formé de deux couches, une couche épithéliale superficielle, venue de l'ectoderme, et une couche profonde fournie par le mésoderme, couche de tissu conjonctif issue du mésenchyme.

La couche épithéliale est formée par deux assises de cellules.

La couche de tissu conjonctif, qui contient de nombreuses cellules étoilées, se vascularise de très bonne heure (quatrième semaine).

Les vaisseaux, ramifications des vaisseaux ombilicaux, forment des anses dans toutes les villosités, mais lorsque le placenta se forme, les vaisseaux se développent extraordinairement dans la région du placenta, et s'atrophient sur tous les autres points.

Dès que l'œuf est arrivé dans la cavité utérine, le chorion se recouvre de petits prolongements ou *villosités*. Au moment où la vésicule allantoïde s'étale à la surface interne du chorion, c'est-à-dire à la fin de la deuxième semaine, les villosités deviennent vasculaires. Un peu plus tard, dans le cours du troisième mois, les villosités qui doivent former le placenta se développent tandis que les autres s'atrophient.

Au moment de la naissance, l'œuf est formé : 1° de trois membranes superposées de dehors en dedans : la caduque, le chorion et l'amnios; 2° du liquide amniotique; 3° du fœtus, suspendu au milieu du liquide au moyen du cordon ombilical ; et enfin 4° du placenta, organe vasculaire qui établit la seule communication entre la mère et l'enfant.

Le chorion, ou *sac vitellin externe*, porte encore le nom de *vésicule séreuse* ou de *membrane villeuse*, à cause des végétations ou villosités qui recouvrent sa surface externe. Il est formé par la somatopleure extra-embryonnaire, autrement dit par le feuillet externe du blastoderme.

DEUXIÈME PARTIE

TISSUS ET SYSTÈMES ANATOMIQUES

e décrirai les tissus dans l'ordre suivant :
° Tissus dérivés de plusieurs feuillets du blastoderme : *épithé-ms* et *glandes ;*
° Tissu fourni par le feuillet externe ou ectoderme : tissu *ner-x ;*
° Tissus ayant pour origine le feuillet moyen ou mésoderme : *euses, vaisseaux* sanguins et lymphatiques, *sang* et *lymphe*, les us dits de substance conjonctive comprenant le *tissu conjonc-* et ses dérivés, tissus fibreux, tendineux, *tissu cartilagineux ; u osseux ; tissu musculaire.*
e décrirai les séreuses, après les glandes et les épithéliums.

SECTION PREMIÈRE

TISSUS POUVANT PROVENIR DE PLUSIEURS FEUILLETS DU BLASTODERME

CHAPITRE PREMIER

ÉPITHÉLIUMS

éfinition. — On donne le nom d'*épithélium* à la co[illegible]e de iles qui limite la surface des corps et celle de toutes les c[illegible]vités faces muqueuses et séreuses, surface intérieure du système ulaire).
e mot épithélium est défectueux ; mais l'usage l'a co[illegible]ré. Il employé pour la première fois par Ruysch, en 1715 (1), pour

(1) [R]uysch (Frédéric), né en 1638, mort en 1731, professeur à Amsterdam. [...] au plus haut point l'art d'injecter les vaisseaux sanguins. Les momies

désigner la pellicule qui recouvre les papilles de la langue; épi ἐπί, sur et *télé*, θηλή, mamelon, papille. On l'a appliqué depuis au revêtement de toutes les surfaces.

Les cellules épithéliales sont soudées par un ***ciment intercellulaire***. Elles forment des surfaces continues et reposent sur une mince membrane amorphe, appelée ***membrane vitrée***.

Les cellules épithéliales s'agglomèrent quelquefois en petites masses pour remplir les culs-de-sac glandulaires (voy. *Glandes*).

Moyens d'étude. — Dans l'étude de l'épithélium, on peut se proposer deux buts : ou bien on veut étudier isolément les cellules; ou bien on veut étudier l'ensemble qu'elles forment par leur réunion, les surfaces épithéliales.

Dans le premier cas, on a recours à la dissociation par les procédés chimiques. Les diverses solutions employées dissolvent le ciment intercellulaire et laissent les cellules flotter librement. Les liquides le plus employés sont l'alcool au 1/3, le sérum iodé, les solutions de potasse à 40 p. 100, qui non seulement dissocient les cellules épithéliales, mais les fixent et permettent aux réactifs colorants d'agir.

Quand on veut étudier les surfaces épithéliales, on a recours soit aux imprégnations avec le nitrate d'argent (méthode de Recklinghausen, 1863), soit à des réactifs durcissants. Pour les imprégnations, on se sert de solutions à 1/300; elles s'emploient surtout dans la préparation des séreuses. La membrane à étudier est préalablement étalée sur une lame; on l'arrose avec la solution de nitrate d'argent, puis on l'expose quelques instants à la lumière solaire; quand la préparation prend une teinte louche, on la lave dans l'eau distillée, et enfin on la monte dans le baume de Canada après déshydratation. La coloration noire du ciment intercellulaire est due au dépôt d'oxyde d'argent qui se forme par décomposition du nitrate. L'action du ciment intercellulaire est assez analogue à celle qu'exerce le sucre de l'urine des diabétiques sur le sulfate de cuivre dont elle précipite le cuivre sous forme de poudre rouge. Ce procédé permet de se rendre un compte exact de la disposition des contours cellulaires; mais il ne met pas en évidence les noyaux. Ceux-ci se voient mieux sur les pièces qui ont séjourné dans d'autres réactifs, tels que le liquide de Kleinenberg, l'alcool absolu, l'acide picrique. Après l'action de ces solutions, on fait des coupes ou on étale les membranes, et on colore par le carmin ou l'hématoxyline, ou le carmin de Grenacher.

de Ruysch, dit Fontenelle, prolongeaient en quelque sorte la vie, tandis que celles de l'ancienne Égypte ne prolongeaient que la mort.

Quand l'imprégnation s'adresse à une surface épithéliale qu'on ne peut pas étaler, il est préférable d'injecter les solutions de nitrate d'argent.

Les épithéliums se prêtent très facilement à l'étude de la karyokinèse, il suffit pour cela de les irriter sur un animal vivant.

Diverses espèces d'épithéliums. — Il faut distinguer les vrais épithéliums, les endothéliums et les para-épithéliums.

Les *vrais épithéliums* recouvrent les muqueuses et la peau, ceci dit d'une manière générale ; ils proviennent en grande partie de l'endoderme et de l'ectoderme.

Les *endothéliums* prennent naissance dans le mésoderme, ou feuillet moyen du blastoderme. Ils sont formés par une seule couche de cellules spéciales, d'une minceur extrême, transparentes comme le verre, se plissant comme une étoffe quand elles sont isolées, contenant à peine quelques granulations autour du noyau, soudées par des lignes de ciment invisible si elles n'ont pas été soumises préalablement à l'imprégnation par le nitrate d'argent, et ne se stratifiant jamais.

Les *para-épithéliums* sont, d'après Renaut, de Lyon, des dérivés des vrais épithéliums (ectoderme, endoderme et mésoderme), qui se différencient complètement et qui prennent des attributs particuliers dès qu'ils sont pénétrés par les vaisseaux sanguins, exemple : les cellules détachées de l'ectoderme, pour former les éléments des centres nerveux ; les cellules et fibres nerveuses ; les cellules et fibres de la névroglie ; les cellules de l'épendyme ; les cellules prolongées de l'endoderme et donnant naissance aux épithéliums du foie et du pancréas ; les cellules épithéliales du mésoderme, qui se détachent des prévertèbres pour former les muscles, etc.

Je décrirai d'abord les épithéliums vrais, puis les endothéliums.

§ 1. — ÉPITHÉLIUMS VRAIS

Caractères généraux. — Les caractères généraux sont relatifs aux cellules et à leurs productions exoplasmiques : ciment intercellulaire, plateau, lame vitrée, cuticule, filaments d'union ; aux vaisseaux et aux nerfs.

Cellules. — Elles sont très variables dans leur forme et leur constitution, elles seront étudiées avec les diverses variétés d'épithéliums. Nous verrons que les unes sont aplaties, à une seule couche ou à plusieurs couches, que les autres sont allongées en

forme de cône plus ou moins régulier, formant une seule couche ou plusieurs couches superposées, stratifiées, que quelques-unes, en assez grand nombre, sont surmontées du côté de la partie libre ou superficielle, par des filaments appelés cils vibratiles. Ce qu'on peut dire de ces cellules, dès à présent, c'est qu'elles se renouvellent incessamment, les cellules profondes et jeunes des épithéliums stratifiés venant remplacer les cellules superficielles anciennes qui se détachent par desquamation.

Productions exoplasmiques. — Les cellules épithéliales jeunes, au moment de leur formation, sont réduites, comme toutes les cellules jeunes, à un noyau entouré d'un petit globe de protoplasma granuleux nu ; elles sont en contact immédiat, comme nous l'avons vu en étudiant la blastula, la gastrula et les trois feuillets du blastoderme. Elles ne tardent pas à élaborer une substance qui les unit entre elles, le *ciment intercellulaire*, et une lame profonde, doublant la face profonde de la couche épithéliale, *lame vitrée*. Quelques-unes forment à leur surface libre une couche mince appelée *cuticule*. Il existe en outre dans quelques épithéliums des *filaments d'union* entre les cellules.

Ciment intercellulaire. — La substance, ou ciment, qui unit les cellules est mince et assez molle pour se laisser pénétrer par les cellules migratices douées de mouvements amiboïdes et par les filets nerveux. L'eau et l'alcool au tiers (1 : 3) le ramollissent et le gonflent de manière à permettre la dissociation des cellules, qui sont durcies par le même réactif. Au contact d'une solution de nitrate d'argent à 1 p. 300 dans l'eau distillée, il précipite l'oxyde d'argent qui se voit sous forme de lignes noires limitant le contour des cellules. Sa composition n'est pas bien connue ; ce n'est pas une *substance collagène* donnant de la gélatine par l'ébullition.

Chez l'embryon, il est fort difficile à observer, et l'imprégnation par le nitrate d'argent, selon la méthode de Recklinghausen, est impuissante à déceler la présence de ce ciment. Mais en dehors de la période embryonnaire, il suffit d'arroser la surface épithéliale avec une solution de nitrate d'argent à 1/300 pour observer les lignes du ciment. Le ciment a pour action de décomposer le nitrate d'argent et de précipiter le métal qui colore en noir les lignes intercellulaires. Le lactate et le picrate d'argent produisent le même effet.

Après la mort, le ciment se dissout et les cellules épithéliales se dissocient.

Il est plus mou dans les épithéliums stratifiés issus de l'ectoderme, plus dur dans les épithéliums cylindriques issus de l'endo-

derme. Il est probable que sa nature varie selon les régions où on l'examine.

Membrane vitrée. — La *membrane vitrée*, appelée aussi *membrane basale* (*basement-membrane* de Bowman), de même nature que le ciment intercellulaire, est également une production exoplasmique des cellules épithéliales. Elle sépare la couche épithéliale du derme de la peau ou des muqueuses.

La membrane vitrée, amorphe et transparente, est une substance élastique, cassante, perméable et facilement traversée par les cellules migratrices qui s'insinuent entre les cellules épithéliales pour se répandre à la surface libre des épithéliums. Cette substance se dissout facilement sous l'influence des réactifs de manière à rendre libres les cellules épithéliales.

Cuticule. — Les épithéliums stratifiés sont recouverts de lamelles minces, souvent kératinisées, formés par des cellules épithéliales aplaties, dont le protoplasma est mort, comme on l'observe dans l'épiderme. Elles n'ont pas de cuticule. Mais les cellules qui ont un protoplasma vivant exhalent à leur surface libre une couche mince exoplasmique qui a reçu le nom de *cuticule*. Ranvier l'a décrite très mince à la surface de l'endothélium des séreuses et des vaisseaux, et il la considère comme une couche de protoplasma condensé. Sa nature est différente de celle du ciment intercellulaire puisque la solution de nitrate d'argent, qui noircit le ciment, est sans action sur la cuticule proprement dite.

On trouve encore la cuticule sur la plupart des épithéliums cylindriques, sur l'intestin grêle, où il a un aspect strié, et sur les cellules à cils vibratiles où il supporte les cils.

Considérée sur les cellules isolées, la cuticule prend le nom de *plateau* ; elle est formée par un épaississement, une condensation du protoplasma de la base de la cellule cylindrique.

Filaments d'union. — Dans les couches moyennes et profondes de l'épithélium pavimenteux stratifié, Bizzozero a décrit des dentelures, ou *épines de Schrön*, qui s'engrènent avec celles des cellules voisines. Mais Ranvier a montré que le protoplasma a une structure fibrillaire et que des fibrilles parties d'une cellule se portent dans les cellules voisines. Ce sont des *filaments d'union*, des anastomoses entre les cellules et non des épines.

Ces anastomoses permettent de rapprocher cette disposition de celle des cellules nerveuses anastomosées avec les cellules épithéliales de l'épiderme et venues comme elles de l'ectoderme.

Nutrition et mue des épithéliums. — Généralement dépourvues

de vaisseaux, les couches épithéliales se nourrissent par imbibition et les phénomènes d'assimilation et de désassimilation sont plus marqués dans les jeunes cellules.

La *mue* de l'épithélium est évidente, personne ne doute de la chute de l'épiderme ; quant à celle de l'épithélium des muqueuses, on la constatera en examinant avec le microscope les liquides qui sont en contact avec ces membranes.

Les éléments épithéliaux sont transitoires ; dans un temps donné et variable, chaque cellule épithéliale naît, se développe, devient de plus en plus superficielle et meurt. Prenons l'épiderme pour exemple (fig. 217). Dans la couche profonde les cellules sont cylindriques, plus superficiellement elles grossissent et deviennent globuleuses, puis elles se recouvrent de dentelures qui s'engrènent avec celles des cellules voisines ; dans une couche plus superficielle, elles sont encore plus volumineuses, puis elles se transforment en lamelles dont la superposition donne naissance à la lame cornée de l'épiderme ; enfin elles tombent.

Dans la muqueuse du larynx et de la trachée, le même phénomène se produit : la couche la plus superficielle des cellules est seule recouverte de cils vibratiles, se renouvelant par les éléments celluleux profonds qui succèdent à ceux qui se détachent.

Reproduction des épithéliums, rénovation, desquamation. — Les épithéliums sont dans un état de *renouvellement* incessant. Les liquides d'excrétion renferment toujours des cellules épithéliales qui se détachent des canaux glandulaires ou des muqueuses sur lesquelles ils passent ; c'est ainsi que les crachats renferment des cellules cylindriques à cils vibratiles des voies aériennes ; que l'urine contient des cellules épithéliales de la vessie et de l'urètre, qu'on rencontre des cellules pavimenteuses dans la salive, etc. Il suffit d'examiner au microscope une parcelle du liquide qui recouvre la surface des séreuses pour y rencontrer des cellules endothéliales. A la surface de l'épiderme on constate la desquamation des cellules épithéliales de la couche cornée.

Dans les épithéliums stratifiés ce sont les cellules de la couche profonde qui se multiplient par karyokinèse et qui montent insensiblement vers la couche superficielle qu'elles remplaceront plus tard. Dans les endothéliums, entre les cellules endothéliales larges et aplaties, on trouve de petites cellules à protoplasma granuleux qui remplacent les grandes cellules à mesure qu'elles se détachent.

La desquamation est évidente chez le fœtus. Plongé dans les eaux de l'amnios, le fœtus ne peut pas rejeter au dehors les cellules épidermiques superficielles qui se détachent de sa peau, ces cellules restent adhérentes à la peau et se mêlent à la matière

sébacée qui s'accumule à la surface de l'épiderme, principalement dans les replis du tégument; tel est le *vernix caseosa*.

Dans l'utérus, indépendamment du renouvellement incessant des cellules épithéliales comme dans les autres muqueuses, il se fait une desquamation totale à chaque époque menstruelle.

L'enduit blanchâtre qui recouvre la langue d'une personne à jeun est produit par les cellules épithéliales de la langue qui se sont détachées et qui ont macéré dans la salive.

La *multiplication* des cellules se fait, comme je viens de le dire dans les couches profondes des épithéliums stratifiés; elles deviennent de plus en plus superficielles, remplacent les vieilles cellules mortes et meurent à leur tour.

Changement de nature des épithéliums. — Je veux dire par là que l'épithélium peut se transformer et que par exemple un épithélium cylindrique peut devenir pavimenteux et *vice-versa*. Ainsi lorsque le prépuce couvre complètement le gland, il est tapissé par un épithélium cylindrique stratifié, mais si le gland est habituellement découvert, l'épithélium passe à l'état de pavimenteux stratifié. Les polypes du rectum sont couverts d'épithélium cylindrique, mais s'ils font saillie à l'extérieur, l'épithélium devient pavimenteux stratifié. Lorsqu'il se fait une inversion de l'utérus et que l'organe retourné reste à l'extérieur, l'épithélium cylindrique à cils vibratiles se transforme en pavimenteux stratifié. Il en est de même dans le prolapsus du rectum dont l'épithélium devient aussi pavimenteux stratifié.

A l'état physiologique, on peut observer une modification de la nature de l'épithélium en rapport avec la modification de la nature d'une fonction. H. Morau (1889) et Ed. Retterer ont étudié avec un soin particulier les fonctions génitales des rongeurs, et ils ont constaté qu'à l'époque du rut l'épithélium du vagin est pavimenteux stratifié et qu'il devient cylindrique avec cellules caliciformes jusqu'au moment de la parturition.

Fonctions des épithéliums. — Les épithéliums ont deux rôles : 1° un rôle de protection; 2° un rôle actif. On peut donc les diviser en épithéliums protecteurs et en épithéliums formateurs.

Les *épithéliums formateurs*, ou fonctionnels, sécrètent du mucus (cellules caliciformes), ou des ferments (cellules à ferments) que nous étudierons avec les glandes.

Les *épithéliums protecteurs* recouvrent les tissus sensibles et vasculaires situés au-dessous d'eux. Ils représentent (pour l'épiderme, ceci est incontestable) une sorte de vernis protégeant les éléments sous-jacents.

Le rôle protecteur de ces éléments est immense. Nous savons en effet, que la peau et les membranes muqueuses n'absorbent pas les bactéries si l'épithélium est intact. Le virus syphilitique n'est absorbé que s'il y a une érosion de la partie qui subit le contact (verge, bouche, mamelon, anus). Il découle naturellement de ce qui précède qu'il est imprudent de pratiquer la succion d'une plaie envenimée si la muqueuse buccale n'est pas intacte.

Lorsque deux surfaces pourvues d'épithélium sont mises en contact, on ne voit jamais d'adhérences se produire ; mais l'épithélium vient-il à disparaître par une cause quelconque sur les deux sur-

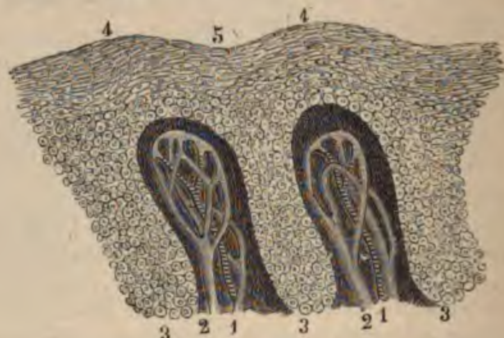


Fig. 203. — L'épiderme avec deux papilles.

1 et 2, artère et veine de la papille. — 3, 3, 3, jeunes cellules. — 4, 4, 5, lamelles cornées de l'épiderme.

faces en même temps, on voit aussitôt ces deux surfaces adhérer et leurs vaisseaux se joindre et s'anastomoser. Il est important de se souvenir du rôle de l'épithélium en pareil cas : il nous explique en effet, pourquoi, à la suite des brûlures, il se produit si souvent des adhérences entre deux parties voisines qui arrivent au contact. Ne voit-on pas le même phénomène dans l'inflammation des grandes séreuses qui se dépouillent tout d'abord de leur épithélium, et qui contractent des adhérences, avec ou sans interposition de fibrine ?

Quand le chirurgien veut réunir, accoler deux surfaces recouvertes d'épithélium, ou fermer une ouverture, une fistule, au moyen de sutures, il commence par enlever l'épithélium, par aviver les surfaces ou le bord de l'ouverture, de manière à avoir des surfaces saignantes, cruentées, qui se réuniront rapidement.

Absorption. — Les épithéliums se laissent traverser avec la plus grande facilité par les liquides et les substances qu'ils contiennent en dissolution. Les instillations sur la conjonctive de substances

mydriatiques agissant sur la pupille en sont une preuve; la muqueuse urétrale absorbe rapidement la cocaïne dissoute et employée en injections. On a vu des symptômes d'intoxication à la suite de tampons imbibés de substances narcotiques et introduits dans le vagin. On a constaté également des symptômes d'intoxication à la suite de lavements contenant une certaine quantité de substances médicamenteuses, ce qui prouve que l'épithélium du rectum favorise l'absorption. Celle-ci se manifeste également dans l'emploi des lavements nutritifs.

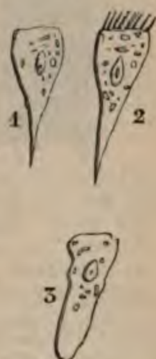


Fig. 204. — Variétés de cellules épithéliales.

1, cellule cylindro-conique. — 2, cellule cylindrique à cils vibratiles. — 3, cellule cylindrique simple.

Je rappellerai pour mémoire les expériences de Claude Bernard qui prouvent la prodigieuse absorption de l'épithélium des voies respiratoires et des canaux glandulaires. Il a démontré qu'on peut faire absorber à un cheval plusieurs litres d'eau en l'injectant par petites portions de manière à ne pas le suffoquer. De même pour le canal pancréatique.

L'épithélium intestinal est celui qui a le pouvoir absorbant le plus développé.

L'absorption n'est pas encore définitivement jugée à propos de l'épiderme, il en sera question lorsque nous étudierons l'absorption cutanée.

Mentionnons d'une manière spéciale l'épithélium pavimenteux stratifié de la vessie et de l'uretère qui s'oppose absolument à l'absorption de l'urine lorsqu'il il est sain (voy. *Vessie*).

Cellules migratrices. — Entre les cellules des épithéliums stratifiés on trouve des *cellules migratrices* qui se rencontrent principalement sur le trajet des filets nerveux.

Ces cellules ne se montrent pas seulement dans les épithéliums stratifiés. Kolossow (1893, *Arch. für mikroskopische Anatomia*) a constaté de nombreuses cellules fixes du tissu conjonctif au-dessous de la couche de cellules endothéliales de la cavité pleuro-péritonéale. Au milieu de ces corpuscules, et dans le ciment mou qui unit les cellules endothéliales, il a vu de nombreuses cellules migratrices, les unes affectant la forme d'étoiles, les autres de bâtonnets rectilignes ou ramifiés. Quelques-unes de ces cellules pénètrent dans la cavité séreuse à travers le ciment intercellulaire, ou même en perforant les cellules endothéliales, pour faire partie de la sérosité qui baigne la séreuse.

Vaisseaux et nerfs des épithéliums. — Les épithéliums sont absolument dépourvus de *vaisseaux*. A cette règle on ne connaît que trois exceptions, 1° pour le *ruban vasculaire* que nous trouverons dans le limaçon en étudiant l'oreille interne; 2° pour les couches profondes de l'épithélium olfactif dans la partie supérieure des fosses nasales ; 3° pour les cellules épithéliales de l'ectoderme embryonnaire qui va former le placenta et dans lequel se ramifient de nombreux capillaires maternels.



Fig. 205. — Epithélium des fosses nasales de l'homme au voisinage de l'amygdale pharyngienne (d'après Renaut).

1, membrane vitrée sous-épithéliale. — 2, tissu réticulé. — 3, 3, noyau des cellules génératrices. — 4, plateau. — 5, cils vibratiles. — 6, noyau des cellules épithéliales. — 7, thèques intra-épithéliales de Renaut, espaces d'où sont sorties des cellules lymphatiques. — 8, cellules migratrices.

Langerhans, en 1868, a signalé les *nerfs* des épithéliums. Ils sont très nombreux dans les épithéliums stratifiés. Les ramifications terminales traversent la membrane vitrée pour former un riche plexus nerveux entre les cellules, dans le ciment intercellulaire. Les couches superficielles ou cornées des épithéliums pavimenteux stratifiés n'ont pas de nerfs.

Le long des terminaisons nerveuses, on trouve un certain nombre de cellules migratrices dans le ciment intercellulaire. Ces cellules se logent dans des intervalles désignées par Renaut sous le nom de *thèques* interépithéliales.



Fig. 206. — Terminaison des nerfs dans l'épithélium pavimenteux stratifié.

1, derme. — 2, couche génératrice de l'épiderme. — 3, couche moyenne (corps muqueux) — 4, couche superficielle (lame cornée). — 5, nerf. — 6, ramifications, réduites au cylindraxe, s'insinuant dans le ciment et accompagnées de cellules migratrices.

Les épithéliums, particulièrement les épithéliums pavimenteux stratifiés, ont donc une certaine sensibilité.

Variétés d'épithéliums.

On a établi des variétés d'épithéliums basées sur le nombre de couches, ou assises, de cellules épithéliales et sur la forme des cellules.

Relativement au nombre de couches qu'ils forment, on divise les épithéliums en simples et stratifiés. Les *épithéliums simples* n'ont qu'une couche de cellules; les *épithéliums stratifiés* sont formés de couches cellulaires superposées.

Selon la forme qu'affectent les cellules épithéliales superficielles les épithéliums sont dits *pavimenteux* ou *cylindriques*, chacun pouvant être *simple*, ou *stratifié*, ou *cilié*.

1° Épithélium pavimenteux. — L'épithélium *pavimenteux simple* est celui qui est formé d'une seule couche de cellules aplaties, dont les bords, juxtaposés à ceux des autres cellules, représentent une sorte de mosaïque. Les cellules ne sont pas toujours tout à fait aplaties comme celles des endothéliums, elles ont quelquefois une certaine épaisseur et sont polyédriques. Aplaties ou polyédriques elles constituent l'épithélium pavimenteux simple.

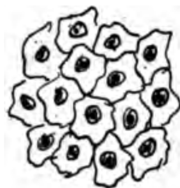


Fig. 207. — Épithélium pavimenteux simple.

L'*épithélium pavimenteux stratifié* est formé de couches de cellules plus ou moins aplaties et superposées, comme on l'observe dans l'épiderme, les muqueuses conjonctivale, buccale, pharyngienne et œsophagienne, dans le vagin et dans la portion spongieuse de l'urètre. Dans l'épithélium pavimenteux stratifié, on trouve, en allant des couches profondes vers les couches superficielles : 1° une couche de cellules cylindriques juxtaposées, à une seule rangée (couche *basale* ou *génératrice*) : 2° plusieurs couches superposées de cellules polyédriques dont tous les diamètres sont à peu près égaux, et qui s'aplatissent insensiblement à mesure qu'elles se rapprochent des couches superficielles; 3° enfin plusieurs couches stratifiées de cellules aplaties ayant plus ou moins la forme d'écailles (fig. 206).

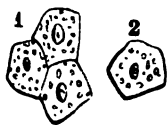


Fig. 208. — Cellules d'épithélium pavimenteux simple.

1, cellules unies par le ciment. — 2, cellules libres.

On a signalé dans les cellules épithéliales des couches profondes de la langue, à la surface de ces cellules, de petits prolonge-

ments protoplasmiques qui anastomosent les cellules les uns avec les autres.

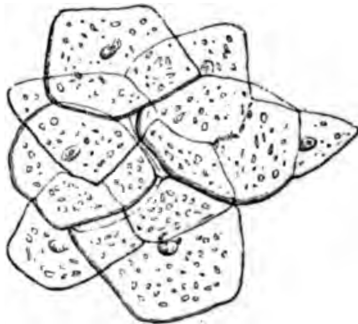


Fig. 209. — Cellules d'épithélium pavimenteux stratifié prises sur la langue.

Les cellules pavimenteuses superficielles ne sont jamais aussi minces que les cellules endothéliales.

2° Épithélium cylindrique. — Comme le pavimenteux, l'épithélium cylindrique peut être simple ou stratifié.

L'épithélium cylindrique simple est formé d'une seule rangée de cellules, comme on le voit dans la figure 210. Elles sont plus hautes que larges et se rencontrent principalement dans le tube



Fig. 210. — Épithélium de l'intestin grêle de lapin.
1. pôle d'insertion. — 2, cuticule sur le pôle libre.

digestif, depuis le cardia jusqu'à l'anus, ainsi qu'à la surface interne des principaux conduits excréteurs des glandes.

On comprend que ces cellules peuvent être plus courtes, *cubiques*, plus arrondies, *sphériques*, allongées en pointes, *coniques*, à facettes résultant de la compression des cellules voisines, *prismatiques*, *polyédriques*. Quoi qu'il en soit, toutes ces formes font partie de l'épithélium cylindrique simple.

Pour qu'un épithélium soit *cylindrique* il faut que la hauteur des cellules soit égale au moins au double de leur largeur. Si ces cellules sont plus courtes, on dit l'épithélium *prismatique*, exemple: épithélium de la membrane de Descemet, des tubuli du rein, épithélium sécréteur des glandes.

Les cellules épithéliales cylindriques présentent souvent à leur base une surface condensée, d'épaisseur variable appelée *plateau* ou *cuticule*, comme on le voit dans l'intestin grêle (fig. 210). On observe quelquefois un plateau au pôle d'insertion des cellules, *plateau basal*, comme dans les cellules épithéliales des têtes des follicules clos de l'*appendice iléo-cæcal* du lapin (Renaut).

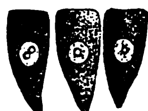


Fig. 211. — Trois cellules d'épithélium cylindrique.

On trouve souvent, au milieu des cellules épithéliales, des *cellules caliciformes*, ou *cellules à mucus*, qui me paraissent devoir être plutôt décrites avec les glandes, car ce sont des *glandes unicellulaires*.

L'épithélium cylindrique stratifié présente, comme l'épithélium pavimenteux stratifié, une couche profonde de cellules génératrices, et une couche moyenne de cellules cylindro-coniques, mais à la surface les cellules ont le caractère des cellules cylindriques, recouvertes le plus souvent de cils vibratiles.

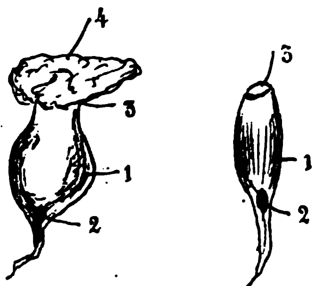


Fig. 212. — Cellules caliciformes.

1, corps cellulaire. — 2, noyau. — 3, ouvertures des cellules. — 4, mucus sécrété.



Fig. 213. — Cellule d'épithélium cylindrique munie de cils vibratiles.

1, corps cellulaire. — 2, cils vibratiles.

3° **Épithéliums ciliés.** — Nous savons que les épithéliums protègent les tissus profonds ; mais certains d'entre eux, comme l'épithélium intestinal, remplissent une fonction l'*absorption*. Sur quelques surfaces, des filaments microscopiques, formés de protoplasma contractile, les *cils vibratiles*, se rencontrent en vue d'une fonction particulière. Ils font cheminer les corpuscules légers.

C'est pour cette raison qu'on rejette des mucosités teintées de noir ou de gris le lendemain d'un bal ou d'une réunion où l'on a respiré de la poussière. De même, les cils vibratiles de l'épididyme et du canal déférent font progresser le sperme épais qui remplit ces conduits.

Cils vibratiles. — On donne ce nom à des filaments microscopiques toujours en mouvement chez l'animal vivant et destinés à la locomotion des animaux unicellulaires, au renouvellement du milieu dans lequel est placé l'animal, ou au transport de petits corpuscules.

Leur siège. — Au-dessus des animaux unicellulaires qui se meuvent par les prolongements amiboïdes du protoplasma, on en voit quelques-uns plus développés qui sont pourvus de cils vibratiles servant à leur locomotion.

A la surface des animaux plus élevés dans la série animale, surtout chez ceux qui vivent dans l'eau, comme les huîtres, les





Fig. 214. — Cellules ciliées isolées des fosses nasales.



Fig. 215. — Cellules à cils vibratiles (branchies de la moule 750 diam.).

moules, etc., on trouve une quantité prodigieuse de cils vibratiles toujours en mouvement et destinés à éloigner les produits d'excrétion et à renouveler l'eau ambiante qui apporte à l'animal ses éléments de nutrition.

Chez les vertébrés à sang froid, les cils vibratiles sont plus abondants ; on les trouve le long de l'œsophage de la grenouille et sur le péritoine de la paroi abdominale antérieure au moment de la ponte.

Les bactéries ont également des cils extrêmement pâles qu'on ne peut apercevoir qu'avec des procédés particuliers de coloration (Straus, 1892).

Leur rôle. — Chez les animaux plus élevés encore, chez l'homme par exemple, les cils vibratiles recouvrent certaines surfaces épithéliales où ils ont un rôle déterminé ; ceux de la trompe de Fallope sont destinés au transport de l'ovule fécondé ou non fécondé vers la cavité utérine ceux du canal déférent ; transportent le sperme trop épais jusqu'aux vésicules séminales où il se liquéfie au contact du liquide vésiculaire. Les cellules à cils vibratiles des voies respiratoires, y compris les fosses nasales et leurs sinus, transportent vers l'extérieur les mucosités et les corpuscules pulvérulents qui ont pénétré avec l'air de la respiration. Le même rôle est dévolu aux cils vibratiles de la trompe d'Eustache et de la

aisse du tympan. L'usage des cils des ventricules cérébraux et lu canal de la moelle n'est pas bien déterminé.

Description des cils. — Les cellules cylindriques qui forment la surface de l'épithélium sont nues et dépourvues d'enveloppe. Mais à leur base, du côté des cils, elles sont pourvues d'un mince *plateau* ou *cuticule,* percé de trous, à travers lesquels passent les cils, prolongements du protoplasma de la cellule, au nombre de dix à trente par cellule.

Leur longueur est variable ; ceux des voies respiratoires ont, en moyenne, 5 μ ; dans le canal déférent et l'épididyme, ils sont beaucoup plus longs et atteignent 30 μ.

Ils sont implantés sur les cellules à la manière des poils d'une brosse.

Moyens d'étude. — Au moyen de solutions acides faibles, on rend le protoplasma des cellules et des cils, granuleux, et on peut les suivre à travers le plateau. Dans le liquide du coryza, les cellules détachées des fosses nasales présentent la même altération, et de plus elles ont perdu leur plateau, de sorte qu'on peut constater facilement la continuité des cils avec le protoplasma de la cellule. En dissociant les cellules avec une solution aqueuse de bleu d'aniline, on voit que le plateau prend une belle teinte bleue avec des stries qui le traversent. On voit manifestement les cils vibratiles pénétrer dans ces stries et se continuer avec le protoplasma de la cellule (Ranvier).

Il est difficile d'observer les cils dans les cellules vivantes à cause de leurs mouvements rapides. Pour les bien voir, il faut prendre des cellules mortes fixées par des réactifs, comme l'alcool à 90°, ou l'acide osmique.

Pour examiner ces mouvements, il suffit de mettre sous le champ du microscope le bord du manteau d'une huitre vivante.

Les cils sont colorés, comme le protoplasma, par les mêmes réactifs colorants.

L'eau salée à 7 p. 1000 conserve les cellules avec leurs mouvements. Ces derniers sont d'abord très rapides ; puis, à mesure que la cellule meurt, les mouvements sont plus lents et faciles à étudier.

Mouvements des cils. — Les mouvements des cils vibratiles ont été décrits pour la première fois par Purkinje et W. Sharpey (1835).

Si l'on examine une seule cellule pourvue de cils en mouvement on voit cette cellule se mouvoir en tous sens par l'agitation de ces cils.

Mais quand on observe les mouvements d'une surface vibratile formée d'un grand nombre de cellules on est étonné de la diversité de ces mouvements, qui se font toujours dans le même sens pour la même muqueuse.

Etalez l'œsophage ouvert de la grenouille, saupoudrez-le de poudre de charbon ou de carmin, ou placez-y un fragment de papier très léger; le corps étranger se dirigera vers l'estomac.

Les vibrations des cils d'une surface vibratile se propagent lentement d'un point vers un autre et les cils s'inclinent comme les épis d'un champ de blé qui forment des ondulations sous l'influence de la brise.

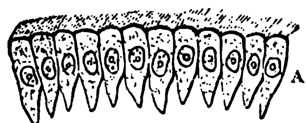


Fig. 216. — Epithélium simple cylindrique à cils vibratiles. (Utérus).

Placez un fragment d'épithélium vibratile sur un plan résistant, les cils étant en contact avec ce plan, le lambeau se déplacera; on peut même faire grimper ce lambeau sur la surface d'une lame de scalpel plantée obliquement (expérience de la *limace artificielle* de M. Duval).

Nous avons vu (voy. *Spermatozoïde*) que le spermatozoïde est une cellule à cils vibratiles. Il est à remarquer que les agents chimiques ou physiques agissent sur les cils vibratiles comme sur les spermatozoïdes. L'abaissement de la température ralentit leurs mouvements, une légère élévation de température les accélère. Ces mouvements sont prolongés au contact du sérum, de l'urine, du lait. Le manque d'oxygène, les acides, une température de 50° arrêtent leurs mouvements; les alcalis les excitent. On a constaté leurs mouvements plus de 24 heures après la mort sur le corps d'un supplicié.

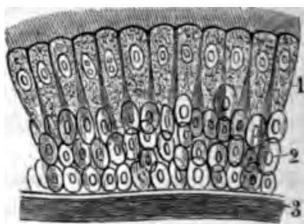


Fig. 217. — Epithélium stratifié cylindrique cilié (trachée de l'homme).

1, cellules à cils vibratiles. — 2, cellules génératrices. — 3, derme de la muqueuse recouvert par la lame vitrée.

Les mouvements des cils sont inhérents à la substance protoplasmique qui les constitue et ils sont indépendants du système nerveux. Ils persistent dans les parties qu'on a séparées du corps de l'animal, beaucoup plus longtemps chez les reptiles. Günther les a observés pendant plusieurs semaines sur une tortue qu'il avait conservée humide après la mort.

Ce qu'on observe chez certains animaux inférieurs prouve bien

que les cils se développent sur les cellules pour s'adapter aux fonctions.

L'œsophage de la grenouille présente des cils vibratiles dont les mouvements font progresser les aliments, insectes par exemple, de la bouche vers l'estomac. On peut s'en rendre compte en ouvrant ce conduit et en plaçant à sa surface des corpuscules très légers comme de la poussière de charbon ou de petits fragments de liège. Les cils vibratiles agissent à la manière d'un balai.

Chez la grenouille femelle, à l'époque de la ponte, le péritoine de la paroi abdominale se couvre de cils vibratiles ayant pour but de charrier vers les oviductes les ovules qui se détachent de l'ovaire.

Les invertébrés qui vivent dans l'eau, comme les moules et les huîtres, possèdent à leur surface une quantité prodigieuse de cils vibratiles ayant pour but de rejeter au loin les excrétions de l'animal et de renouveler autour de lui le milieu ambiant.

Cellules myo-épithéliales. — Chez certains invertébrés, chez l'hydre d'eau douce, l'organisme est réduit à un ectoderme et un endoderme, séparés par quelques filaments contractiles, mais sans mésoderme à proprement parler. Certaines cellules de l'ectoderme se différencient en éléments nerveux incomplets donnant par leur pôle d'insertion de petits filaments analogues aux fibrilles nerveuses et se terminant dans les filaments contractiles. Ces cellules portent les excitations extérieures aux fibres musculaires qui impriment à l'animal des mouvements de déplacement. Récemment décrites par Rouget, ces cellules sont nommées *cellules neuro-épithéliales*. Chez le même animal, on rencontre des *cellules myo-épithéliales* décrites, en 1872, par Kleinenberg. Ce sont des cellules épithéliales de l'ectoderme qui se continuent par leur pôle d'insertion avec des filaments contractiles venus d'autres cellules et formant un véritable réseau musculaire ; de sorte que les cellules neuro-épithéliales de Rouget agissent comme les cellules myo-épithéliales de Kleinenberg pour produire les mouvements.

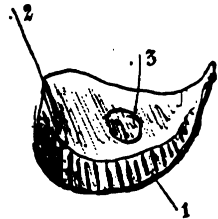


Fig. 218. — Cellule myo-épithéliale de Kleinenberg.

1, substance contractile. — 2, corps cellulaire. — 3, noyau.

Les cellules myo-épithéliales n'existent pas seulement chez les invertébrés et chez les métazoaires inférieurs ; on les observe aussi chez les métazoaires supérieurs. Ainsi, chez l'homme, il existe des cellules myo-épithéliales à la surface interne des glandes sudoripares. Il existe aussi dans les conduits excréteurs des glandes acineuses, dans les glandes salivaires principalement, des cel-

lules striées, que l'on suppose douées de la propriété contra

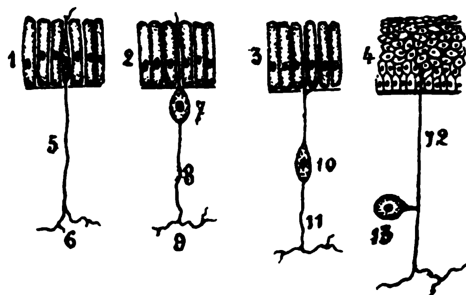


Fig. 219. — Schéma de la dérivation ectodermique de la cellule nerveuse lule neuro-épithéliale) (d'après Mathias Duval).

1, cellule neuro-épithéliale des vers oligochètes. — 5, prolongement cylindraxe de cellule qui émet un prolongement protoplasmique à la surface de l'épiderme. — 6, ran tions du cylindraxe dans les cellules épithéliales. — 2, cellule nerveuse sous-épithélial vers polychètes. — 7, cellule. — 8, prolongement cylindraxe. — 9, ses ramifications cellule nerveuse des mollusques, le corps cellulaire est dans la profondeur, au-dessous de thélium. — 10, cellule. — 11, prolongement cylindraxe et ses ramifications dans les c myo-épithéliales. — 4, cellule nerveuse sensitive des vertébrés. — 12, prolongement plasmique. — 13, cellule et son prolongement cylindraxe.

Pathologie de l'épithélium. — Tous les épithéliums peu devenir fréquemment le s d'une prolifération anorn Sous l'influence d'une c généralement inconnue, quelquefois d'une irrita locale (cancer des fumeurs voit, en un point quelcon une activité prodigieuse la formation de l'élément thélial : là où dix cellules raient nécessaires, il développe des centaines, milliers, et en définitive il vient une tumeur. Si cett meur siège à la surface d muqueuse, ou de la peau qui est plus rare, on qu'elle est de nature *épi liale*. C'est l'*épithélioma* est reconnu que la tun peut prendre son point départ dans l'épithélium petites glandes situées l'épaisseur de la peau ou des muqueuses).



Fig. 220. — Bourgeon épithélial d'un cancroïde avec globes épidermiques. On y voit les cellules épithéliales. La rapidité du développement est telle que les cellules n'ont pas le temps de prendre leur forme, elles s'aplatissent les unes contre les autres et forment les globes épidermiques.

‹ette *prolifération* peut s'observer dans les organes glandu-‹es, foie, testicules, parotide, ma-‹lles, dans les ganglions lymphatiques. ‹tes ces productions épithéliales, dont ‹cause essentielle, vraisemblablement ‹nature bacillaire, nous est inconnue, ‹stituent une classe de tumeurs dont ‹s avons déjà parlé en étudiant la cel-‹e. Si ces tumeurs sont limitées à une ‹ite portion d'une muqueuse ou de la ‹u, si elles n'ont pas de grandes ten-‹ces envahissantes, on les désigne plu-‹sous le nom de *cancroïdes*. Dans ces ‹neurs *épithéliomateuses,* les noyaux ‹lulaires, et les cellules elles-mêmes, ‹nnent les formes les plus bizarres, se ‹férenciant absolument des cellules types qui leur ont donné ‹issance, d'où leur nom de *cellules métatypiques*.



Fig. 221. — Cellules épithéliales prises sur une tumeur papillaire du trigone vésical. Noyaux multiples, indice de la karyokinèse.

§ 2. — ENDOTHÉLIUMS

‹es endothéliums, ainsi nommés par His, sont généralement ‹més par le feuillet moyen du blastoderme, ou mésoderme. Ils ‹ouvrent la surface interne des cavités closes, séreuses et tuni-‹e interne du système vasculaire, d'où leur nom (de *endos*, ενδος, ‹dedans).

‹a structure des endothéliums est sensiblement la même que ‹le d'un épithélium pavimenteux simple. Cependant on y signale ‹s différences sensibles.

‹ellules endothéliales. — Ces cellules sont extrêmement minces ‹ont 1 μ d'épaisseur. Elles sont très larges et mesurent de ‹à 60 μ.

‹Quand on les examine en place, on n'aperçoit que leurs noyaux. ‹est ce qui avait fait croire que la surface interne de tout le système ‹sculaire, ainsi que la paroi des séreuses, étaient formées d'une ‹embrane transparente, hyaline, amorphe, parsemée de noyaux. ‹Mais, en 1863, Recklinghausen découvrit un réactif qui boule-‹rsa les idées qu'on se faisait des épithéliums. En effet, lorsqu'on ‹rose une surface épithéliale avec une solution de nitrate d'ar-‹nt dans l'eau distillée à 1 p. 300, et qu'on lave cette surface quel-‹es instants après, on remarque des lignes noires indiquant le ‹nent intercellulaire qui sépare les cellules.

Les dessins produits par le nitrate d'argent sont différents dans les vrais épithéliums où ils montrent des lignes droites, ou peu onduleuses, et dans les endothéliums, où les lignes décrivent des sinuosités extrêmement compliquées, de véritables dentelures, surtout dans l'endothélium des capillaires lymphatiques (fig. 222).

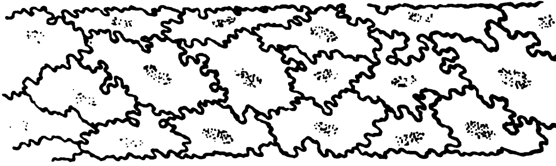


Fig. 222. — Bords festonnés des cellules endothéliales intra-vasculaires.

Les cellules endothéliales sont tellement minces qu'elles se plissent et se déforment lorsqu'elles sont isolées.

Elles sont formées, selon Ranvier, de deux couches : une couche profonde contenant le noyau et le protoplasma aplati de la cellule, s'anastomosant par ses prolongements avec ceux des cellules voisines, et une couche superficielle extrêmement mince qui peut être comparée au *plateau* que nous avons vu sur la base des cellules de l'épithélium cylindrique. Le noyau est saillant du côté de la surface adhérente de la cellule. Dans les vaisseaux, ce noyau, ovalaire, a son grand axe dirigé suivant l'axe des vaisseaux.

Nature des cellules endothéliales. — Selon Rauvier, qui a fait des endothéliums une étude approfondie, ces cellules ne seraient autre chose que des cellules fixes du tissu conjonctif, transformées. En effet, si l'on se reporte aux premières formations embryonnaires, on remarque que le mésenchyme du mésoderme est constitué par une quantité prodigieuse de cellules étoilées, en mouvement incessant, qui se réunissent de manière à former la couche superficielle de la cavité pleuro-péritonéale. En même temps, les autres cellules se transforment en cellules fixes du tissu conjonctif.

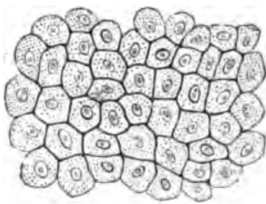


Fig. 223. — Cellules endothéliales de la plèvre.

Toutes ces cellules ont donc entre elles un grand degré de parenté. Ce qui se passe dans l'arachnoïde confirme cette manière de voir. Ne voit-on pas, en plein mésoderme, entre la pie-mère et la dure-mère, au milieu des cellules mésenchymateuses, se pro-

duire tardivement une fente qui sera la cavité de l'arachnoïde ? Ces cellules mésenchymateuses, déjà transformées en tissu conjonctif muqueux, se condensent en dehors pour former la dure-mère, et produisent, en dedans, la pie-mère en contact avec la substance nerveuse. Au moment où la cavité arachnoïdienne se montre, les cellules du tissu conjonctif muqueux se groupent, se juxtaposent, de manière à former les deux feuillets, pariétal et viscéral, de l'endothélium arachnoïdien.

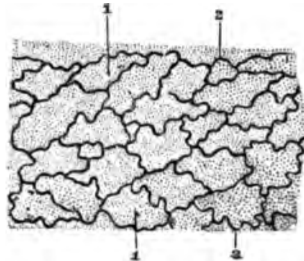


Fig. 224. — Endothélium des capillaires lymphatiques.

1, cellules tapissant la surface interne des capillaires lymphatiques. Le contour 2, de ces cellules a été rendu sombre par l'imprégnation de nitrate d'argent.

On peut donc conclure que les cellules endothéliales des séreuses et les cellules fines du tissu conjonctif sont des éléments équivalents.

Du reste, on peut transformer une cellule endothéliale en une cellule fixe du tissu conjonctif. En 1869, Ranvier a montré qu'on peut modifier les cellules endothéliales du péritoine au moyen de l'inflammation expérimentale.

Si l'on enflamme le péritoine, on remarque que certaines cellules

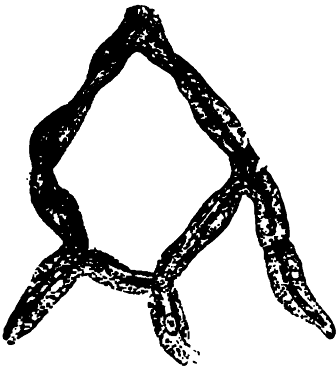


Fig. 225. — Inflammation expérimentale de l'endothélium du péritoine. Le processus est peu avancé et on voit déjà le gonflement du protoplasma des cellules.



Fig. 226. — Processus plus avancé de l'inflammation expérimentale du péritoine. On voit des cellules mortellement frappées et qui tombent dans le péritoine sous forme de globules de pus.

endothéliales sont mortellement frappées et se détruisent. Celles qui sont atteintes moins profondément perdent leur mince plaque

superficielle, et présentent un gonflement du protoplasm
rant le noyau, avec production de nombreux prolongem
s'anastomosent avec ceux des cellules voisines. Ce sont do
cellules endothéliales transformées en cellules fixes du t
jonctif.

Lorsque l'inflammation diminue, on observe des phé
inverses ; les cellules fixes du tissu conjonctif, les cellules
tives, provenant d'anciens éléments endothéliaux tran
aussi bien que les cellules migratrices du tissu conjonc
jacent, se réunissent, s'étalent à la surface du tissu conj
soudent par leurs bords, sécrètent la plaque mince caract
de l'endothélium, et reconstituent l'ancien revêtement enc
Neuf jours sont nécessaires pour que l'endothélium soit re
à la suite de l'inflammation péritonéale.

Cette manière de voir nous conduit à étudier les sére
ne sont en somme
cavités closes tapiss
dothélium. (Voy.
séreuses ; pour l'
lium des vaisseau
Système vasculair

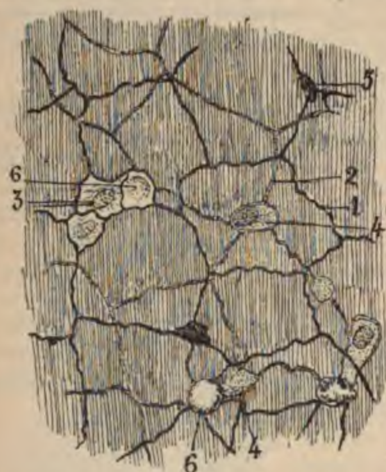


Fig. 227. — Grand épiploon d'un lapin de trois mois imprégné d'argent sur place, chez l'animal venant d'être sacrifié (d'après Ranvier).

1, lignes intercellulaires de l'une des faces après réduction de l'argent. — 2, lignes intercellulaires de la face de l'épiploon du côté opposé, vues par transparence. — 3, 4, petites cellules intercalaires. — 5, amas d'albuminate d'argent. — 6, trou de la séreuse.

**Renouvellement
dothéliums.** — L
vellement des endo
ne peut se faire de
manière que celui
théliums paviment
tifiés puisqu'il n'e
qu'une seule couch
lules. Cette rénovat
les séreuses se fait a
de petites *cellules
laires,* à protoplas
nuleux, que l'on
entre les grandes
endothéliales, com
voit dans la figure 2
se multiplient pa
kinèse et elles so
nées à remplacer l
cellules plates, à mesure que celles-ci se détachent. On ne
pas le mode de renouvellement des cellules de l'endothé
système vasculaire.

TABLEAU DES DIVERSES ESPÈCES D'ÉPITHÉLIUMS

Épithéliums vrais						Endothéliums
Pavimenteux		*Cylindrique*		*Cylindrique cilié*		
SIMPLE	STRATIFIÉ	SIMPLE	STRATIFIÉ	SIMPLE	STRATIFIÉ	
Endothéliums.	Muqueuses buccale, pharyngienne, œsophagienne, vaginale, de la surface du col utérin vésicale, urétérale, conjonctivale et urétrale.	Estomac, intestin grêle, gros intestin, canaux excréteurs des glandes.		Utérus, trompe de Fallope, épididyme, canal déférent, caisse du tympan, trompe d'Eustache, épendyme du canal central de la moelle et des ventricules cérébraux.	Muqueuse des fosses nasales, du larynx, de la portion supérieure du pharynx, de la trachée, des bronches et des divisions bronchiques.	Forme d'épithélium pavimenteux simple. Grandes séreuses (péritoine, tunique vaginale, péricarde, plèvres, arachnoïde). Synoviales. Séreuses tendineuses. Séreuses sous-cutanées, ou bourses muqueuses. Endocarde. Endartère. Endoveine. Endolymphatique. Capillaires sanguins et lymphatiques. Surface interne des alvéoles pulmonaires. Surface des glomérules du rein.

TABLEAU DES FEUILLETS DU BLASTODERME ET DES ÉPITHÉLIUMS QUI EN DÉRIVENT

1° *Feuillet interne* (*endoderme*).

1. Épithélium intestinal depuis le voile du palais jusqu'au-dessus de l'anus.
2. Épithélium des glandes de la muqueuse de l'intestin, et des glandes annexées à l'intestin (foie et pancréas).
3. Endothélium de la surface interne des lobules pulmonaires.
4. Épithélium de la vessie et des portions prostatique et membraneuse de l'urètre de l'homme et de la totalité de l'urètre chez la femme.
5. Épithélium de la caisse du tympan et de la trompe d'Eustache.

Dérivés de l'endoderme : corde dorsale, voies respiratoires, oreille moyenne.

2° *Feuillet externe* (*ectoderme*).

1. Épiderme et productions épidermiques (ongles, poils, émail dentaire).
2. Conjonctive, glande lacrymale, muqueuse du canal nasal et du sac lacrymal.
3. Muqueuse buccale et épithélium des glandes salivaires.
4. Muqueuse de la portion spongieuse de l'urètre. Dépression anale (proctodeum).
5. Épendyme de la moelle et des ventricules.
6. Muqueuse du gland et du prépuce.

Dérivés de l'ectoderme : la totalité du système nerveux, cristallin, rétine, oreille interne, bourgeons du goût, cellules olfac-

3° *Feuillet moyen* (*mésoderme*).

1. Endothélium de la tunique interne du système vasculaire, sanguin et lymphatique.
2. Endothélium des grandes séreuses, des synoviales, des séreuses tendineuses, des séreuses sous-cutanées et des sacs lymphatiques.
3. Épithélium de l'uretère et du bassinet et du rein.
4. Épithélium du vagin, de l'utérus et de la trompe de Fallope.
5. Épithélium de l'épididyme et du canal déférent.
6. Endothélium de la paroi externe de la capsule du glomérule du rein.

Dérivés du mésoderme : tissu conjonctif, tissu cartilagineux, tissu osseux, tissu musculaire, méninges, enveloppes des cylindraxes, testicule et voies génitales de l'homme

Certes on ne peut pas classer les épithéliums d'après leurs origines blastodermiques, ainsi que le fait remarquer M. Duval. Cependant le lecteur doit être prévenu des analogies, des ressemblances qui existent entre la plupart des épithéliums dérivés d'un même feuillet blastodermique.

Ainsi la plupart des épithéliums pavimenteux stratifiés dérivent de l'ectoderme. Exceptions : pharynx, œsophage (1).

Il est certain également que l'endoderme fournit les épithéliums cylindriques avec ou sans cils vibratiles. Exceptions : muqueuse nasale et épendyme fournis par l'ectoderme, épithélium de l'utérus et de la trompe fourni par le mésoderme, ainsi que celui de l'épididyme et du canal déférent, qui viennent du mésoderme.

On peut affirmer que le mésoderme fournit tous les endothéliums, à l'exception de l'endothélium des alvéoles pulmonaires qui vient de l'endoderme.

J'ajouterai, uniquement pour la facilité de l'étude : 1° que les épithéliums pavimenteux stratifiés se rencontrent souvent sur des muqueuses destinées à recevoir des pressions plus ou moins énergiques par le bol alimentaire ou par la compression d'autres organes ; 2° que les épithéliums recouverts de cils vibratiles se rencontrent sur les muqueuses en contact avec des corps légers, subtils (poussières, air, ovule) ; 3° que les surfaces recevant des pressions légères sont souvent recouvertes d'épithélium pavimenteux simple, c'est-à-dire d'endothélium (séreuses et surface interne du système vasculaire).

On peut dire aussi que presque toutes les muqueuses viennent de l'endoderme tandis que toutes les séreuses proviennent du mésoderme. Cependant les muqueuses de la tête viennent de l'ectoderme, et le mésoderme, qui donne les séreuses, fournit la muqueuse de l'appareil génito-urinaire, excepté celle de la vessie, qui est d'origine endodermique.

Origine et développement des épithéliums et des endothéliums. — Les vrais épithéliums sont des dérivations des deux feuillets primitifs du blastoderme, l'ectoderme et l'endoderme. Le feuillet externe, l'ectoderme, fournit la plus grande partie des épithéliums pavimenteux stratifiés ; le feuillet interne, l'endoderme, donne la

(1) Mais je ferai remarquer que tous les auteurs n'admettent pas pour ces deux organes une origine endodermique. Renaut, entre autres, assure que le pharynx et l'œsophage, jusqu'au cardia, sont un prolongement de l'ectoderme de la cavité buccale. Le Dr Rougon a publié, en 1900, dans la *Revue chirurgicale*, l'observation d'un enfant qui avait une imperforation de l'extrémité inférieure de l'œsophage ne laissant pas passer de sonde. Ce fait donne de la valeur à l'opinion de Renaut.

plupart des épithéliums cylindriques. Le feuillet moyen, le mésoderme, produit les endothéliums. Les épithéliums végètent par prolifération cellulaire des deux feuillets primitifs, les endothéliums sont une transformation directe des cellules du mésenchyme mésodermique, qui perdent leurs prolongements et se transforment en cellules minces et aplaties.

Les épithéliums se montrent dès les premières heures de l'incubation. Les endothéliums se forment dès le second jour.

Historique des épithéliums. — Jusqu'en 1833, on considérait l'épiderme et les épithéliums comme une pellicule sécrétée par les parties sous-jacentes. On pensait que la pellicule épidermique était desséchée et durcie par l'air. En 1833, Delle Chiaje déclara que les épithéliums étaient formés par des éléments figurés qu'il considéra comme des globules sanguins desséchés. Charles Robin, trente ans plus tard, n'était pas convaincu de l'importance des épithéliums qu'il désignait sous le nom de *tissus produits*, les tissus d'un ordre plus élevé étant les *tissus constituants*.

Depuis trente à quarante ans, des travaux nombreux, principalement de Valentin et de Henle, ont été publiés sur les épithéliums, et sur l'épiderme, qui n'est autre qu'un épithélium pavimenteux stratifié. Les embryologistes ont surtout étudié leur mode de développement et on est convaincu aujourd'hui que les couches épithéliales sont formées d'éléments vivants qui jouent un grand rôle dans certains phénomènes physiologiques. Pour n'en citer qu'un exemple, je dirai que le protoplasma des cellules épithéliales se laisse en général traverser par les liquides, tandis que le protoplasma des cellules de l'uretère et de la vessie est d'une nature différente et s'oppose à l'absorption, comme l'a démontré le professeur Küss de Strasbourg.

La découverte de Recklinghausen (imprégnation du ciment intercellulaire par le nitrate d'argent), fit faire un grand pas à la question des épithéliums.

Relativement à l'épiderme, quoiqu'il n'en connût pas la structure, Malpighi avait constaté, dès 1664, qu'on pouvait séparer l'épiderme, par la macération, en deux feuillets, un superficiel corné, et un profond, mou, criblé de trous pour laisser passer les papilles du derme. Ce feuillet mou fut appelé par Malpighi *corpus reticulare*. Il est désigné depuis sous le nom de *corps muqueux de Malpighi*.

Des travaux nombreux ont été faits depuis sur les épithéliums.

1862, 1863. — Recklinghausen, in Arch. de Virchow, volume XXVIII, p. 419, Berlin.

1869. — Ranvier. Manuel d'histol. path., 1874. C. r. de l'Acad. des sc. nouvelles. — *Recherches sur le mode d'union des cellules de Malpighi*. Arch. de phys. — *Recherches sur la formation des mailles du grand épiploon*. — 1880. *Leçons sur le système musculaire. Mouvements vibratiles.*

1882, M. Duval. Revue des sc. nat. de Montpellier. *Développement de l'appareil génito-urinaire de la grenouille*. — Société de biologie. *Cils vibratiles et adaptation tubaire*.

1883. — Ed. Retterer. C. r. de l'Acad. des sc. *Renouvellement de l'épiderme et des épithéliums*. — 1887. *Lieux et mode de formation du pigment cutané chez les mammifères*. — 1887. C. r. de l'Acad. des sc. *Vacuoles des cellules caliciformes*.

1892. — Ed. Retterer. Soc. de biologie. *Evolution de l'épithélium du vagin*.

1889. — H. Morau. *Des transformations épithéliales physiologiques et pathologiques*.

1892. — Strauss. *Sur un procédé de coloration à l'état vivant des cils ou flagellum de certaines bactéries mobiles*.

CHAPITRE II[1]

GLANDES

Les *glandes*, ou *organes glandulaires*, dont l'ensemble forme le *système glandulaire*, sont constituées par des organes dérivés des épithéliums dont les cellules ont pour fonction d'exhaler des produits divers solides, liquides ou gazeux. Leur ensemble forme le *système* glandulaire.

Les *cellules glandulaires* sont les cellules épithéliales actives des glandes.

La *fonction* des glandes est de sécréter (du latin *secernere*, séparer), de former un liquide de sécrétion.

Depuis les *glandes unicellulaires* microscopiques jusqu'au *foie*, si volumineux, on rencontre dans l'organisme une infinité de glandes[2].

Ces organes sont si variés qu'une bonne définition n'est pas facile à établir. Je n'en veux pour preuve que celles adoptées par les auteurs les plus modernes.

Pour Ranvier, l'acte sécrétoire par excellence est l'*élaboration d'une substance définie* dans le protoplasma ; or, toute cellule vivante élabore dans son protoplasma des produits qu'elle utilise ou rejette, donc *toute cellule vivante est une cellule glandulaire*. Je pense qu'il y a une certaine exagération à transformer tous les éléments anatomiques en organes glandulaires.

Pour Mathias Duval, les glandes sont *des dérivés épithéliaux élaborant des produits qu'elles n'utilisent pas pour elles-mêmes, mais qui servent aux autres éléments de l'organisme*. Selon moi, cette définition ne s'applique pas à toutes les glandes, et je ne

(1) La description des glandes est inséparable de celle des épithéliums. Elles ne sont décrites séparément que pour la commodité de l'étude.

(2) Produits solides : testicule, ovaire ; liquides : foie, glandes salivaires, organes lymphoïdes ; gazeux : poumon, glandes sudoripares.

vois pas en quoi la sueur sert aux autres éléments de l'organisme. La sécrétion des glandes closes est encore trop peu connue pour qu'on puisse affirmer qu'elle sert aux autres éléments de l'organisme.

Voici la définition que je propose : *les glandes sont des organes épithéliaux sécrétants, c'est-à-dire extrayant du sang certains principes,* qui sont rejetés, purs ou modifiés par les épithéliums glandulaires soit à *la surface d'une membrane* (*glandes ouvertes*), *soit dans l'intérieur des vaisseaux* (*glandes closes*).

Historique. — Un coup d'œil jeté en arrière me paraît nécessaire ici pour montrer quelles sont les difficultés d'une bonne classification.

Autrefois, sans aucune raison, on donnait le nom de glandes aux organes les plus disparates, parce qu'on n'avait aucune connaissance de leur structure et qu'on les jugeait sur des apparences incertaines.

C'est pour cela qu'on avait décrit comme glande, la *glande pinéale.* Il en est de même des végétations des méninges qui furent appelées *glandes de Pacchioni,* et des franges synoviales des articulations qui avaient été nommées *glandes de Clopton Havers,* etc.

Haller croyait que la *synovie* provenait de la moelle des os à travers les porosités du cartilage articulaire. Avant Haller, et depuis Galien, on considérait les glandes comme de véritables filtres à travers lesquels passaient les liquides de sécrétion.

Dans la seconde moitié du XVIIe siècle, Malpighi découvrit les acini et les culs-de-sac glandulaires, mais il n'en connut pas la structure, car il supposait que la paroi des culs-de-sac était une membrane poreuse à travers les trous de laquelle passaient les liquides sécrétés. Malpighi admettait quatre ordres de glandes : simples, agminées, conglomérées, conglobées.

On a également établi des divisions physiologiques. Ainsi on a divisé les glandes en excrémentitielles, récrémentitielles et excrémento-récrémentitielles : le rein et les glandes sudoripares étaient des glandes *excrémentitielles* parce que leurs produits représentent une excrétion ; le pancréas et les glandes salivaires étaient des glandes *récrémentitielles* parce que leur produit est résorbé ; enfin le foie était une glande *excrémento-récrémentitielle* parce que son produit, la bile, est en partie résorbé et en partie rejeté avec les excréments.

Ch. Robin donnait au tissu glandulaire le nom de parenchyme, et il distinguait les *parenchymes glandulaires,* qui fabriquaient une substance spéciale comme la ptyaline ou la pancréatine, et en *parenchymes non glandulaires* qui ne servaient qu'à extraire du sang des principes tout formés, comme l'urine.

Ce n'est qu'en 1824 que Dutrochet observa des cellules dans les glandes salivaires de l'escargot. En 1842, Goodsir posa les premières bases de la théorie cellulaire dans les glandes en se fondant sur quelques-unes de ses observations. Il vit de la substance graisseuse dans les *glandes sébacées,* et dans les acini de la glande mammaire. Il fut surpris, en étudiant l'encre de la *seiche,* de constater la présence de grains de pigment dans les cellules épithéliales de la glande qui produit l'encre, et il constata que cette encre résulte de la destruction des cellules qui mettent le pigment en liberté.

Le mécanisme de la sécrétion par *fonte des cellules glandulaires* était donc trouvé. Cette théorie fut corroborée par les travaux de Ludwig, 1851, qui prouva que la tension sanguine dans les glandes est inférieure à la tension intérieure produite par la salive sécrétée. Il prouva aussi que la salive est plus chaude que le sang au moment de la sécrétion, et que la glande peut

sécréter lorsqu'elle ne reçoit plus de sang. Il était donc évident que la glande salivaire possédait en elle-même les matériaux nécessaires à la production de la salive. Nous verrons en effet qu'il en est ainsi.

Les travaux ultérieurs n'ont fait que prouver la vérité de la théorie de la fonte cellulaire. Ces travaux, fort nombreux, ont visé, les uns le mécanisme de la sécrétion, les autres celui de l'excrétion, d'autres la structure de l'élément glandulaire, d'autres enfin les formations glandulaires embryonnaires.

Travaux à consulter. — Mathias Duval. Nouveau dictionnaire de médecine et de chirurgie pratiques, art. Sécrétions.

1866. — Pflüger. Bonn. *Die Endigungen der Absonderangsnerven in den speicheldrasen.*

1868. — Heidenhain. Breslau. *Studien der physiol. Instituts zü Breslau.*

1869. — Boll. Berlin. *Les cellules en panier.* — Heipiold. *Arch. de Virchow.*, t. LXI, p. 77.

1871. — Ranvier, Paris. *Sur les glandes salivaires.* (Annotations à l'histologie de Frey, traduction.)

1879. — Hermann. Soc. de biologie. *Structure des glandes sudoripares.*

1879. — Ranvier. Acad. des sc. *Structure des glandes sudoripares.* — 1883. Ranvier, Journal de micrographie. *Leçons sur le système glandulaire.* — 1884. Ranvier. Journal de micrographie. *Les membranes muqueuses et le système glandulaire.* — 1887. Ranvier. Même recueil. *Mécanisme de la sécrétion.*

1888. — Reterer. Journ. de l'anat. et phys. *Origine et évolution des amygdales chez les mammifères.* — 1892. Retterer. Société de biologie. *Origine et développement des plaques de Peyer.*

1893. — Retterer. Journ. de l'anat. et de la phys. *Des glandes closes dérivées de l'épithélium digestif.*

1891. Ramon y Cajal. Barcelone. *Terminacion de los nervios y tubos glandulares del pancreas.*

1891. — Ficatier. Thèses de Paris. *Etude anatomique des glandes sudoripares.*

1894. — Regaud. Journ. de l'anat. et de la phys. *Étude histologique des lymphatiques de la glande mammaire.* — 1894. Lacroix. Acad. des sc. *Des cellules en panier dans la glande mammaire.* — 1895. Laguesse. Journ. de l'anat. et de la phys. *Structure et développement du pancréas.*

1895. — J. Mouret. Même recueil. *Étude des cellules glandulaires.*

Consultez en outre les travaux de Ranvier (*Traité d'histologie*), de Renaut (*Histologie pratique*), et de Mathias Duval (*Précis d'histologie*).

J'admettrai deux classes de glandes : les glandes ouvertes, qui versent leur produit sur la peau ou sur les muqueuses, et les glandes closes, dépourvues de canaux excréteurs.

ARTICLE PREMIER

GLANDES OUVERTES

Division. — La division suivante des glandes ouvertes est basée sur leur conformation. Elles ont la forme de simples dépressions ou *cryptes*, de tubes simples ou ramifiés, *tubuleuses*, ou celle de grappes simples ou composées, *acineuses*. A ces diverses formes, il convient d'ajouter les glandes élémentaires, formées d'une seule

cellule et connues sous le nom de *glandes*, ou *cellules calic formes*, et le foie, dont la structure diffère de celle des autr glandes.

a. Les cryptes comprennent les glandes vésicales et les ce lules caliciformes. Ces dernières sont isolées ou réunies en group sur les muqueuses.

1° Cryptes vésicaux (*end.*)	
2° Cellules caliciformes (glandes unicellulaires).	isolées (*end.*) agminées (*end.*)

b. Les glandes *tubuleuses* sont *simples* ou *ramifiées*.

1° Glandes tubuleuses simples.	Tubuleuses droites .	Glandes de Lieberkühn (*end.*) Glandes gastriques (*end.*) Glandes utérines (*més.*)
	Tubuleuses enroulées	Glandes sudoripares (*ect.*) Glandes cérumineuses (*ect.*)
2° Glandes tubuleuses ramifiées ou composées.		rein (*més.*) testicule (*més.*) glandes du cardia (*end.*)

c. Les *glandes en grappe*, *acineuses*, sont *simples*, ou *com posées*, selon qu'elles sont formées d'un très petit nombre ou d'u grand nombre d'*acini*.

1° Glandes acineuses simples . .	Glandes sébacées (*ect.*) Tubercules de Montgoméry (*ect.*) Glandes de Meibomius (*ect.*) Glandes buccales pariétales (*ect.*) Glandes pharyngiennes, trachéales, bro chiques et œsophagiennes (*ect.* po les uns (Renaut), *end.* pour les autr Glandes ary-épiglottiques (*end.*)
2° Glandes acineuses composées.	Glande lacrymale (*ect.*) Glande mammaire (*ect.*) Glandes salivaires (*ect.*) Pancréas (*end.*) Glandes de Brunner (*end.*) Glandes de Bartholin (*ect.*) Prostate (*end.*) Glandes de Cooper (*ect.*) Poumon (*end.*)

Le *foie* qui ne rentre dans aucune de ces catégories est u glande à part formée d'un amas colossal de cellules épithéliał

Structure des glandes.

1° **Glandes unicellulaires et cryptes.** — Les *cryptes* sont d dépressions qu'on rencontre à la surface des **muqueuses.** Le

caractère est le suivant. Leur paroi n'a pas de structure spéciale, elle ne diffère pas du reste de la surface épithéliale, et les *glandes de Lieberkühn* de l'intestin mériteraient d'en faire partie, pour cette raison. On trouve les cryptes au niveau du *trigone vésical.* Sur les parois des cryptes, on rencontre quelques glandes unicellulaires ou *caliciformes*.

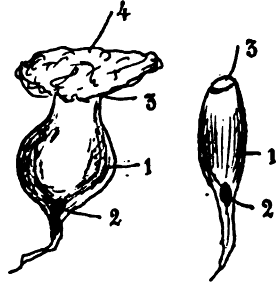


Fig. 228. — Deux cellules caliciformes.

1, protoplasma. — 2. noyau. — 3, ouverture du calice. — 4, sortie du mucus formé du mucigène dissous dans le liquide des vacuoles.

Glandes caliciformes ou unicellulaires. — Ces glandes furent découvertes en 1853 par Gruby et Delafond entre les cellules d'épithélium cylindrique qui recouvrent les villosités intestinales. Ils les prirent pour un épithélium particulier auquel ils donnèrent le nom d'*épithélium capitatum*. En 1867, E. Schultze montra que ces cellules, intercalées entre les cellules épithéliales cylindriques, avaient une forme spéciale, et il les décrivit, en raison de cette forme, sous le nom de *cellules caliciformes*.

Elles sont bien connues aujourd'hui. On les trouve non seulement dans l'épithélium cylindrique de l'intestin, mais aussi dans

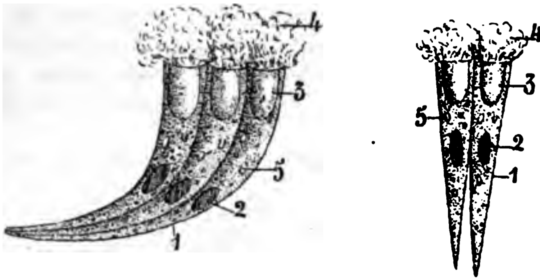


Fig. 229. — Cellules caliciformes de l'estomac de grenouille d'après Ranvier. A gauche, trois cellules dont le pied est couché sous les cellules voisines, à droite, deux cellules droites.

1, Pôle d'insertion. — 2, Noyau. — 3, Cavité dans le protoplasma. — 4, Mucus. — 5, Vacuoles du protoplasma.

les épithéliums stratifiés, où elles occupent la couche la plus superficielle formée de cellules cylindriques. Lorsqu'elles existent sur un épithélium simple, celui-ci est toujours cylindrique, ou, tout au moins, prismatique.

Les cellules caliciformes ne sont pas toujours isolées. Sur quelques muqueuses, comme sur la muqueuse de l'estomac, elles sont juxtaposées et forment une couche régulière et uniforme. Ces cellules, dans ce cas, présentent au pôle d'insertion un prolongement effilé qui se couche au-dessous des cellules voisines (fig. 231).

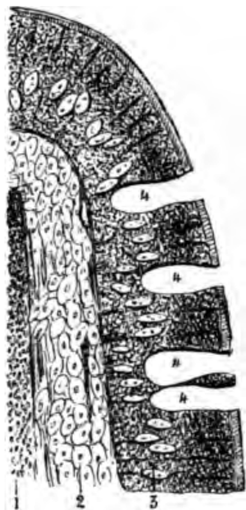


Fig. 230. — Coupe d'une villosité intestinale montrant les excavations des cellules caliciformes au milieu de l'épithélium à plateau strié (moitié droite).

1, 2, centre de la villosité. — 3, cellules d'épithélium cylindrique. — 4, 4, 4, 4. excavations des cellules caliciformes (Gross. 200 diam., d'après Pouchet et Tourneux).

Pour les étudier, on traite par l'alcool au tiers un fragment de muqueuse contenant des cellules. Par le râclage, au bout de quelques jours, on détache des cellules et on les plonge dans le picro-carminate d'ammoniaque pendant une heure. On les fixe alors avec quelques gouttes de solution d'acide osmique. Au bout de cinq ou six heures, les cellules se déposent. On porte une parcelle de ce dépôt sur une lame de verre avec une goutte de glycérine picro-carminée.

Ces cellules, amincies à leur pôle d'insertion, variables de forme, ont une paroi mince et un protoplasma intérieur. Ce protoplasma, granuleux, occupe le fond de la cellule et renferme un noyau. Mais sous la base de la cellule on voit une cavité dont la forme varie.

Lorsque la cavité de la cellule est excavée en forme de coupe,

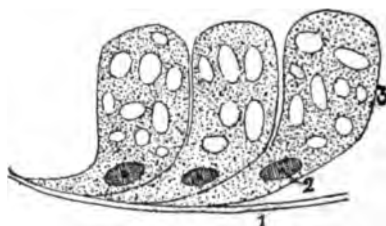


Fig. 231. — Schéma de trois cellules muqueuses des glandes salivaires (d'après M. Duval.)

1, membrane vitrée ou membrane basale. — 2, Noyau et pied de la cellule s'insinuant au-dessous des cellules voisines. — 3, vacuoles du protoplasma devant entrainer les boules de mucigène dans la cavité de l'acinus.

on donne aux cellules le nom de *cellules cupuliformes*. Quelque-

fois la cavité a la forme d'un gobelet, *cellules caliciformes*. Dans d'autres cas, elle a la forme d'une bouteille, d'une urne, *cellules lagéniformes* (de *lagena*, bouteille).

La cavité de la cellule est pleine d'un protoplasma contractile parcouru par un réseau de travées protoplasmiques découvertes par Lavdowsky, en 1877. Ces travées partent de la paroi de la cavité, aussi bien que du protoplasma granuleux situé au fond de la cellule. Dans les mailles de ce réseau protoplasmique, on observe de petites boules de substance bleuâtre, boules de *mucigène*, destiné à former du mucus avec le liquide des vacuoles. Ces *vacuoles*, décrites par Ranvier en 1887, sont de petites cavités pleines d'eau, situées entre les travées du protoplasma et entremêlées avec les boules de mucigène.

Le *mucus* qui recouvre la surface des muqueuses est formé par le mélange des boules de mucigène avec l'eau des vacuoles. Ce mucus sort par une véritable contraction du protoplasma de la cellule. Comme le dit Renaut, une partie du protoplasma mou des cellules caliciformes est *mucipare* et l'autre *aquipare*.

Je dois ajouter que le protoplasma mou des cellules caliciformes est doué de mouvements amiboïdes, au moyen desquels il mobilise les vacuoles et les boules de mucigène.

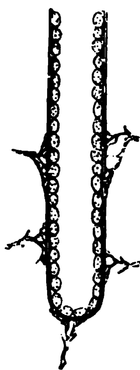


Fig. 232. Schéma d'une glande en tube avec l'épithélium en dedans de la paroi et les vaisseaux en dehors.

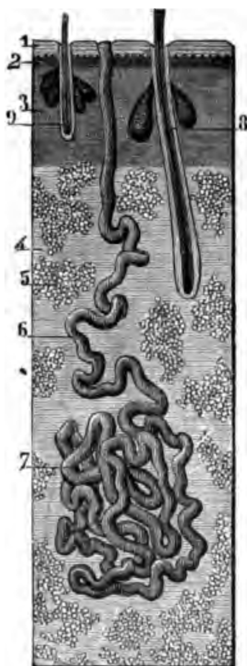


Fig. 233. — Glande en tube flexueux (glande sudoripare).

Les cellules caliciformes n'ont pas de plateau à leur pôle libre, comme les cellules cylindriques au milieu desquelles elles sont situées, mais une couche très mince de protoplasma.

Les cellules caliciformes sont bien des glandes unicellulaires, des glandes mucipares ou muqueuses. Nous les retrouverons au fond des acini des glandes acineuses.

2° Glandes tubuleuses. — Les glandes en tube, comme leur nom l'indique, sont formées par un tube, qui est ouvert à une de ses extrémités et fermé à l'extrémité opposée, renflée en cæcum. Le schéma de la figure 232 donne une idée très nette de la constitution de l'élément glandulaire de ces organes.

Si la glande est rectiligne et formée par un seul tube, elle est *simple* (glandes de Lieberkühn, glandes de la muqueuse utérine).

Si le tube s'enroule sur lui-même et prend une disposition flexueuse qui rappelle le glomérule de Malpighi, on dit que la glande en tube est *glomérulée*. Ex. : glandes sudoripares (fig. 233).

Les glandes en tube *composées* sont celles qui renferment un grand nombre de tubes plus ou moins contournés et qui versent leur produit dans un conduit commun, comme le testicule et le rein.

3° Glandes acineuses ou en grappe. — Au lieu d'être formées de

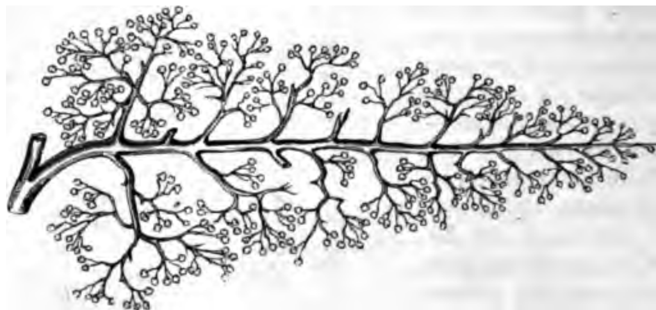


Fig. 234. — Disposition ramifiée du conduit excréteur d'une glande acineuse.

tubes comme les glandes tubuleuses, les glandes acineuses sont composées de grains qui donnent naissance à de petits conduits formant par leur réunion le canal excréteur de la glande.

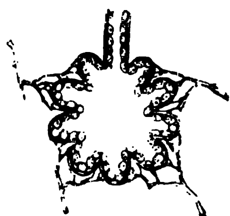


Fig. 235. — Schéma d'un acinus. On y voit la paroi propre, l'épithélium intérieur et les vaisseaux extérieurs.

Ces *grains glanduleux* ou *acini*, nom donné par Malpighi, qui les comparait à des grains de raisin suspendus à une grappe (de *akinos*, ἄκινος, grain de raisin), se groupent en très petit nombre pour former de petites glandes, ou en nombre beaucoup plus considérable : d'où la division des glandes acineuses en glandes *simples* et glandes *composées*.

Nous connaissons la structure des glandes caliciformes. Les glandes en tube, qui comprennent les

udoripares, le rein, le testicule, ne se prêtant pas à une n commune, seront étu- s le troisième volume, ainsi . La structure des glandes, n est habitué à la trouver ouvrages, se rapporte aux cineuses.

us présente, à l'intérieur, *s-de-sac glandulaires*, en variable. depuis cinq jus- nquante. Ces culs-de-sac se ent à l'extérieur de l'acinus bosselures autour desquelles ilient les vaisseaux capillaires ins, et plus excentriquement pillaires lymphatiques, le tout entouré par du tissu conjonc- la figure ci-jointe donne une exacte de l'acinus.

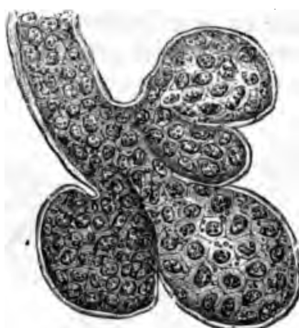
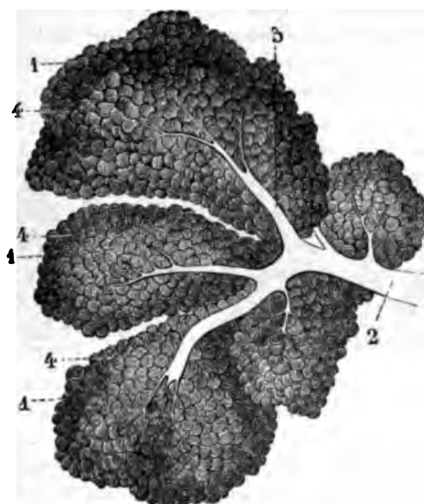


Fig. 236. — Un acinus de glande acineuse et son canal émissaire ouverts. On voit distinctement la paroi propre et les cellules glandulaires polyédriques.

uverture de l'acinus porte le nom de *col*.

col de l'acinus part un conduit bien décrit par Boll et connu



. 237. — Lobe d'une glande acineuse composée (glande mammaire).
oit plusieurs acini 1, 1, 1, les bosselures correspondant aux culs-de-sac glandulaires 4, 4, 4, le canal excréteur 2 se ramifiant vers les lobules 5.

le nom de *passage de Boll*, ou *canal émissaire* de l'acinus. Ce it, de dimensions presque microscopiques, se réunit à d'autres

conduits semblables pour donner naissance à un canal interlobulaire. Celui-ci se jette dans d'autres canaux semblables pour former un canal de second ordre, et ainsi de suite jusqu'à former un canal excréteur commun.

On observe une grande variété sous le rapport de l'indépendance des acini, comme sous celui des culs-de-sac glandulaires.



Fig. 238. — Variété d'acinus à culs-de-sac allongés.

Une glande acineuse est formée 1° d'un canal excréteur qui se ramifie dans la glande jusqu'aux acini; 2° du tissu glandulaire proprement dit qui se compose de l'ensemble des acini; 3° d'une enveloppe de tissu conjonctif qui envoie dans la glande des cloisons unissant les lobes, et des cloisons plus petites qui unissent les lobules; 4° de vaisseaux et de nerfs.

J'en donnerai ici une description générale.

Les diverses glandes qui présentent des particularités seront indiquées en temps et lieu.

1° Canal excréteur. — Les canaux excréteurs des glandes acineuses sont formés de trois couches : une couche externe de tissu conjonctif à fibres entrecroisées et s'amincissant à mesure qu'on se rapproche des lobules où elle se perd insensiblement; une



Fig. 239. — Glande de Meïbomius. On voit les acini échelonnés le long du canal excréteur.

couche moyenne, amorphe, sans structure, c'est la membrane vitrée sous-épithéliale; un épithélium cylindrique simple, à cellules allongées, se raccourcissant à mesure qu'on se rapproche des derniers canalicules, où elles deviennent polyédriques. Dans quelques glandes, cet épithélium présente une striation spéciale qui a fait supposer qu'il jouissait d'une certaine contractibilité.

Dans ces glandes, d'origine ectodermique, les canaux excréteurs

ıt entre la lame vitrée et l'épithélium une couche de *cel-panier* de Boll, douées d'un certain degré de contracti-:ellules concourent à la progression du liquide secrété.
ıes auteurs considèrent aux glandes deux portions : la *écrétante*, formée par l'ensemble des acini et des petits émissaires, dits *passages* ou *tubes secréteurs*, et la *excrétante* formée par les excréteurs. A la face interne uit excréteur, on trouve une couche épithéliale dont les sont toujours différentes de ļui tapissent les conduits sé-'s et les culs-de-sac glandu-C'est, en général, un épithé-:ylindrique, à cellules plus que les cellules glandulaires. ırès la disposition du conduit eur, qui se ramifie de plus en mesure qu'il s'enfonce dans l'épaisseur de la glande, d'après ence de petits tubes sécréteurs particuliers faisant suite aux :res divisions des canaux excréteurs, et se terminant aux ou renflements bosselés, on est autorisé à comparer l'en-e de ces parties à une grappe de raisin.



Fig. 240. — Glande sébacée. Les acini, au lieu d'être écartés, sont groupés, tassés, autour d'un canal excréteur.

'issu glandulaire. — Les acini forment dans leur ensemble u glandulaire. Chaque acinus, ou *élément glandulaire*, est etite poche, à peine visible à l'œil nu, et communiquant es canaux excréteurs au moyen de petits canalicules déjà



ı. — Schéma de l'élément glandulaire étalé sous forme de membrane. ıroi propre est revêtue d'une couche d'epithélium, du côté de la sur-·écrétante, et reçoit des vaisseaux par sa surface adhérente.

és plus haut. A l'extérieur, l'acinus présente de petites bos-

doublée d'un épithélium sur l'une de ses faces et recevant les vaisseaux par la face opposée.

L'acinus peut varier de forme et de longueur. Dans tous les cas il est formé par une paroi propre en contact avec un réseau capillaire extérieur, et recouverte à sa surface interne par une couche de cellules dites *glandulaires*.

a. *Paroi propre*. — C'est une membrane mince, transparente, amorphe, analogue aux membranes vitrées des épithéliums; on la voit en coupe dans la figure 246. Elle est perméable aux liquides. C'est pour cela qu'elle se laisse facilement traverser par l'eau du sang chargée de matières salines. Mais cette paroi propre ne présente aucune ouverture.

Epaisse dans les glandes sudoripares, très mince dans d'autres glandes, la paroi propre établit une limite complète entre les cellules glandulaires d'une part, les vaisseaux et le tissu conjonctif d'autre part. Elle est la continuation directe de la membrane vitrée sous-épithéliale que j'ai signalée dans les canaux excréteurs.

b. *Cellules glandulaires*. — Elles constituent l'élément essentiel des glandes. Ces cellules sont en général volumineuses et de



Fig. 242. — Cellule mucipare considérablement grossie.

1, protoplasma. — 2, noyau. — 3, grains de mucigène. — 4, vacuoles. — 5, pôle d'insertion sur la lame vitrée.



Fig. 243. — Cellule granuleuse des glandes.

1, Grains de zymogène. — 2, noyau. 3, vacuoles. — 4, pôle d'insertion sur lame vitrée.

forme prismatique ou cubique. Leur pôle d'insertion adhère à la paroi propre de l'acinus et leur pôle libre regarde la cavité de l'acinus parfois réduite à des dimensions très petites. Ces cellules sont de divers ordres et leur nature est en rapport avec celle de la sécrétion. On y trouve des *cellules mucipares* qui forment du mucus, des *cellules granuleuses* qui fournissent des *ferments*, des *cellules aquipares* qui donnent de l'*eau*, et des *cellules séreuses* qui fournissent des matières albuminoïdes.

...tes ces cellules sont dépourvues d'enveloppe ; ce sont de ...s cubes de protoplasma nu, for...s d'un noyau et de travées proto...asmiques entre lesquelles on trouve ...es petites cavités, ou *vacuoles*, remplies d'eau. Il existe également, entre ces travées, de petits espaces dans lesquels on trouve du mucigène, du zymogène, etc., selon le rôle que doit remplir la cellule.

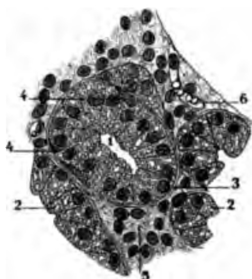


Fig. 244. — Coupe d'un acinus de la glande lacrymale.

1, cavité de l'acinus. — 2, vacuoles du protoplasma des cellules aquipares. — 3, membrane vitrée de l'acinus. — 4, 4, cellules en panier de Boll entre la membrane vitrée et l'épithélium glandulaire. — 5, tissu conjonctif avec nombreuses cellules migratrices. — 6, globules graisseux.

Les vacuoles sont plus manifestes après une sécrétion abondante.

Les *cellules mucipares*, ou *cellules muqueuses*, sont volumineuses, claires. Le pôle libre est convexe du côté de la cavité de l'acinus ; le pôle d'insertion est pourvu d'une sorte de prolongement caudal qui s'insinue entre la paroi propre de l'acinus et les cellules voisines. Le noyau est refoulé vers le pôle d'insertion, légèrement concave du côté de la cavité du cul-de-sac glandulaire et entouré d'une petite lame de protoplasma. Le protoplasma voisin du pôle libre de la cellule renferme des boules de *mucigène* incluses dans les mailles du réseau protoplasmique (fig. 231 et 241).

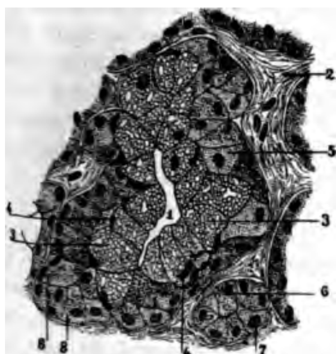


Fig. 245. — Glande acineuse de l'épiglotte du mouton (d'après Renaut).

1, cavité de l'acinus. — 2, tissu conjonctif avec cellules migratrices. — 3, 3, cellules mucipares. — 4, 4, noyaux aplatis des cellules mucipares. — 5, cellules séreuses ou croissants de Giannuzzi. — 6, cellules séreuses d'un petit acinus voisin renfermant des granulations de zymogène. — 7, cellules séreuses simples. — 8, 8, cellules mixtes contenant des granulations albuminoïdes et des granulations zymogènes.

On trouve aussi, dans le protoplasma des cellules muqueuses, des *vacuoles*, ou petites cavités pleines d'un liquide aqueux qui entraîne le mucigène et se mêle à lui pour former le *mucus*. On n'observe ces vacuoles qu'après expulsion du mucigène, par exemple après fatigue de la glande sous-maxillaire, épuisée par une longue excitation de la corde du tympan. On voit que ces cellules sont exactement les mêmes que les cellules caliciformes, glandes unicellulaires, décrites plus haut (fig. 231).

Les *cellules granuleuses* sont également volumineuses et p‹
dent un gros noyau central. Elles renferment des grains de *z*
gène (1) d'un volume variable, situés dans le réseau du p
plasma.

Ces grains diffèrent des granulations protéiques du protopla
des cellules ainsi que des boules de mucigène. Réfringents
grains de zymogène sont colorés en rouge par l'éosine, en j
verdâtre par le picrocarminate d'ammoniaque, et en brun
l'acide osmique qui les fixe dans
forme (réaction caractéristique de la s
tance des ferments, selon Nussbaum)
les trouve particulièrement dans les
lules granuleuses du pancréas, dan
glandes de l'estomac, etc. Comme les
lules mucigènes, les cellules zymog
présentent des vacuoles dont le liq
entraîne et dissout le zymogène, q
ne retrouve jamais en nature dan
liquide sécrété (Ranvier).

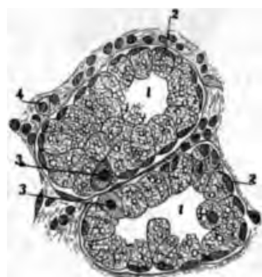


Fig. 246. — Coupe transversale de deux glandes pyloriques de l'estomac de l'homme (d'après Renaut).

1, 1, cavité de l'acinus. — 2, 2, noyaux des cellules mucipares. — 3, 3, cellules granuleuses avec grains zymogènes. — 4, 4, cellules lymphatiques. On voit des cellules migratrices dans le tissu conjonctif qui entoure les acini.

Les *cellules aquipares* dont on
trouve le type dans les culs-de-sac
glande lacrymale, sont allongées, cla
et contiennent un noyau arrondi
occupe la base de la cellule. Elles
pas de granulations, mais elles
pourvues de nombreuses vacuoles ple
d'eau, comme celles que j'ai décrites
les autres cellules glandulaires.

L'acide osmique les fixe dans leur forme sans les colorer.

Les *cellules séreuses* donnent de l'eau, des sels minéraux et
substance albuminoïde. On les trouve en grand nombre da
parotide. Elles ressemblent aux cellules aquipares et elles pr
sent comme elles la plus grande partie du liquide de sécré
Leur protoplasma est parsemé de vacuoles. Elles ont de par
lier qu'elles peuvent contenir, tantôt quelques boules de n
gène, tantôt des grains zymogènes, et tantôt des granulat
graisseuses. L'acide osmique les colore en bistre léger, ce
indique la présence de substances albuminoïdes.

c. *Cellules en panier, sous-épithéliales.* — Dans les acini
glande lacrymale, de la glande mammaire, de la parotide, d

(1) De *zumé* ζύμη ferment et *guennao* γεννάω j'engendre, qui engend
ferment.

sous-maxillaire, on trouve une couche de cellules spéciales qui ont été décrites par Boll sous le nom de *cellules en panier*. L'auteur de leur découverte avait supposé que ces cellules formaient la paroi propre de l'acinus, ce qui était une erreur. Les cellules en panier forment une couche entre la paroi propre de l'acinus et les cellules glandulaires, comme les cellules myo-épithéliales des glandes sudoripares.

Unna regarde les cellules en panier comme des éléments contractiles, opinion partagée par Mathias Duval et Renaut.

Les cellules en panier sont étoilées : leur noyau, arrondi ou ovale et plat, occupe le centre de l'étoile : le protoplasma qui l'entoure est mince, réfringent, et les prolongements s'anastomosent avec ceux des cellules voisines. L'ensemble des cellules d'un acinus ressemble à un filet à mailles irrégulières dont les nœuds seraient formés par les corps des cellules. Selon Lacroix (1894), le protoplasma de ces cellules présente une striation spéciale qui leur donne l'aspect optique des cylindres primitifs des muscles lisses et des semelles contractiles des cellules myo-épithéliales des glandes sudoripares. Nous verrons plus loin que ces cellules jouent un certain rôle dans l'impulsion du liquide sécrété.

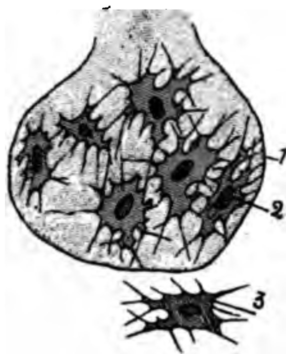


Fig. 247. — Cellules en panier de Boll.

1, limite du cul-de-sac glandulaire. — 2, cellules en panier. — 3, cellule isolée.

3° **Tissu conjonctif des glandes**. — Les glandes acineuses sont enveloppées par une couche de tissu conjonctif qui envoie des cloisons entre les lobes de la glande. De ces cloisons partent des cloisons plus minces, de tissu conjonctif lâche, qui pénètrent entre les lobules, et se prolongent à la surface des acini dont elles sont séparées par le réseau vasculaire.

4° **Vaisseaux et nerfs des glandes**. — On comprend que les glandes reçoivent un grand nombre de vaisseaux sanguins, puisqu'elles doivent extraire l'eau du sang. Les riches réseaux capillaires qui les entourent forment des mailles allongées dont le grand axe est parallèle à celui des tubes dans les glandes tubuleuses. Ces vaisseaux forment une maille circulaire autour de l'orifice de chaque glande. Dans les glandes acineuses, les vais-

seaux se ramifient dans les cloisons de tissu conjonctif lâche qui sépare les lobules, et forment un réseau à mailles arrondies qui s'étale à la surface de la paroi propre de l'acinus.

Les vaisseaux lymphatiques sont nombreux dans les glandes acineuses. On les voit cheminer le long des canaux excréteurs. A leur origine ils forment des culs-de-sac, en doigt de gant, à paroi formée d'un endothélium continu et situés dans les cloisons du tissu conjonctif interlobulaire. De sorte que, si l'on voulait superposer tous les éléments de l'acinus, on trouverait de dedans en dehors : 1° l'épithélium glandulaire, 2° la couche de cellules en panier de Boll ; 3° la paroi propre, vitrée ; 4° le réseau vasculaire sanguin ; 5° le réseau lymphatique.



Fig. 248. — Capillaires sanguins autour d'un acinus.

1, passage de Boll. — 2, vaisseaux. — 3, cellules glandulaires avec le noyau, les vacuoles et les grains de zymogène.



Fig. 249. — Terminaisons nerveuses au contact des cellules glandulaires (d'après Arnstein).

A gauche, cellule de la parotide du lapin : les ramifications nerveuses se terminent autour de la cellule par une série de boutons terminaux.
A droite, cellule de la glande mammaire d'une chatte en gestation. Les fibrilles nerveuses se terminent à la surface des cellules par une série de boutons terminaux en grappe.

On trouve aussi des capillaires lymphatiques dans l'épaisseur des canaux excréteurs ; mais ils n'arrivent jamais au contact de la membrane vitrée sous-épithéliale.

Les *nerfs* sont assez nombreux dans les glandes acineuses, ils se terminent par des fibrilles qui traversent la paroi propre des culs-de-sac glandulaires pour se terminer à la surface des cellules glandulaires elles-mêmes (1). Fusari et Panasci ont constaté dans les glandes de la langue, en employant la méthode de Golgi, que les ramifications terminales des cylindres-axes enveloppent les cellules glandulaires sans les pénétrer. C. Arnstein (1895) est arrivé au même résultat en employant la coloration par le bleu de méthylène, selon la méthode d'Ehrlich.

Claude Bernard, Vulpian, Heidenhain, Ranvier, etc., se sont servis de l'influence du système nerveux sur les glandes, en produisant une sécrétion artificielle par l'excitation de *nerfs excito-sécrétoires*, comme la corde du tympan pour la glande sous-maxillaire.

Claude Bernard a démontré expérimentalement que, pendant la sécrétion d'une glande, le sang artériel ne perd pas son oxygène, et le sang veineux est d'un rouge rutilant. Le sang veineux reprend ses caractères pendant le repos de l'organe.

Développement des glandes. — Les glandes, au début de leur

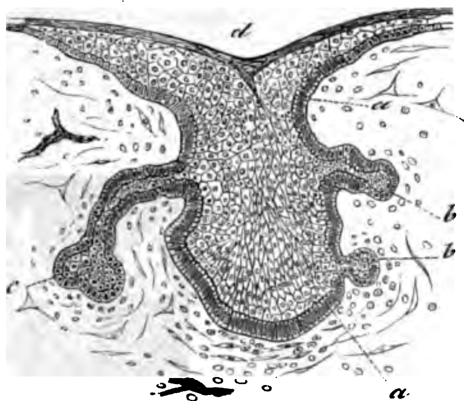


Fig. 250. — Développement de la glande mammaire. (Coupe longitudinale.)

a, couche de petites cellules prismatiques se continuant avec la couche de Malpighi. — *b*, *c*, bourgeons épithéliaux en voie de développement. — *d*, couche cornée de l'épiderme. Au milieu de la figure on voit le pôle libre des cellules qui tapissent la cavité du bourgeon.

formation, sont de simples bourgeons épithéliaux qui s'enfoncent vers les parties profondes. Ces bourgeons sont généralement creux

(1) Dans leur trajet intra-glandulaire, les nerfs présentent, d'après Pflüger, de petits ganglions microscopiques formés d'une, de deux ou de plusieurs cellules nerveuses.

et, quand ils sont pleins, ils ne tardent pas à se creuser d'une cavité. Ils forment soit un tube simple, soit un acinus, et si la glande doit être ramifiée, on voit des ramifications se produire sur le premier bourgeon qui s'allonge et se divise comme les branches d'un arbre. Ces végétations épithéliales se montrent à la face profonde de l'ectoderme, de l'endoderme, ou dans le mésoderme, sur l'épithélium de la cavité pleuro-péritonéale. Ce mode de développement montre à l'évidence que les glandes sont des productions épithéliales et doivent être placées à côté des épithéliums.



Fig. 251. — Développement des glandes en grappes ou acineuses.

1, canal excréteur et trois dépressions épithéliales. — 2, un canal excréteur avec deux prolongements épithéliaux. Le poumon se forme de la même manière.

Dans les acini, l'apparition de la paroi propre est toujours consécutive à celle de l'épithélium.

Sécrétion. — La description qui suit ne s'applique pas évidemment au rein qui, véritable filtre, ne sert qu'à séparer du sang des substances toutes formées. L'épithélium des tubes rénaux se laisse donc traverser, mais il ne produit rien par lui-même. C'est pour cette raison que quelques auteurs ont donné au rein le nom de *fausse glande*, réservant celui de *vraies glandes* aux glandes ouvertes, dont le produit de sécrétion renferme des substances qui ne sont pas contenues dans le sang. Cette description ne s'applique pas davantage à l'ovaire, dont le produit, tout spécial, sera décrit avec l'ovaire. Je veux parler ici des glandes ouvertes qui sécrètent un liquide particulier, contenant une ou plusieurs substances issues du tissu glandulaire lui-même, comme les glandes sudoripares, les glandes salivaires, le pancréas, les glandes de l'intestin, les glandes de l'estomac, les glandes sébacées, la glande mammaire, et diverses glandes contenues dans l'épaisseur des muqueuses.



Fig. 252. — Prolongements ramifiés des glandes acineuses.

3, 4, divers degrés du bourgeonnement.

La sécrétion des glandes se fait par la fonte des cellules glandulaires. Cela ne fait doute pour personne.

Il s'agit de savoir de quelle manière se fait cette fonte des cel-

lules. Elle doit varier nécessairement avec les diverses glandes selon la nature des cellules glandulaires qui sont contenues dans les acini.

Après avoir traversé la paroi propre à l'élément glandulaire, le sérum sanguin se mêle au produit de sécrétion des cellules épithéliales et produit ici la salive, là le suc gastrique, etc.

Ce que l'on peut affirmer, dès à présent, c'est que les acini des glandes ne se dépouillent jamais de leur épithélium, il n'y a pas desquamation proprement dite.

Les cellules glandulaires sont de véritables cellules épithéliales,



Fig. 253. — Coupe de la glande sous-maxillaire de l'âne après excitation prolongée de la corde du tympan.

1, canal excréteur. — 2. cavité d'un acinus. — 3, passage de Boll. — 4, membrane vitrée du canal excréteur et épithélium intérieur strié. — 5. cellule mucipare. — 6, cellule mucipare ayant échappé à l'excitation. — 7, cellules granuleuses formant en bas un croissant de Giannuzzi. — 8, cellules en panier de Boll entre la vitrée et les cellules glandulaires. — 9, vaisseaux sanguins et globules. — 10, cellules lymphatiques. — 11, coupe d'un vaisseau sanguin.

possédant comme ces dernières un noyau et un protoplasma, mais un protoplasma spécial, volumineux, contractile, ayant une certaine mollesse et fabricant de toutes pièces, ici du mucus, là des ferments, ailleurs de la matière glycogène, des granulations graisseuses ou des granulations albuminoïdes. Les cellules glandulaires sont les agents principaux de la sécrétion.

a. Supposons qu'il s'agisse de la *sécrétion du mucus*, comme dans les glandes mucipares, ou caliciformes des couches épithéliales, dans les glandes sublinguales et sous-maxillaires et dans les glandes labiales, pharyngiennes trachéales, bronchiques, et œsophagiennes. Nous savons que le mucus est secrété par les glandes mucipares, de la manière suivante : par suite des mouvements intimes du protoplasma qui avoisine la surface libre de la cellule, le liquide aqueux des vacuoles se mélange aux boules de *mucigène* contenues dans le réseau protoplasmique, et de ce

mélange résulte la formation du mucus. Une fois formé, ce liquide transsude à travers la couche mince de protoplasma qui limite la base de la cellule, et passe dans la cavité de l'acinus.

Voilà pour la sécrétion du mucus. On le rencontre pur à la surface des muqueuses, où il est versé par les cellules caliciformes et par de petites glandes acineuses. On le trouve également plus ou moins abondant dans la salive, et le suc pancréatique, où il est mêlé au ferment.

b. Nous avons vu que les *cellules granuleuses*, ou *cellules à ferment*, comme on en rencontre dans les acini du pancréas, dans les cellules de revêtement des glandes du fond de l'estomac, dans les glandes salivaires, etc., contiennent des vacuoles pleines de liquide comme les cellules mucipares. Au lieu des boules mucigènes que renferme le protoplasma des cellules muqueuses, on trouve ici des *grains zymogènes* au milieu des travées du protoplasma.

La sécrétion des grains zymogènes, autrement dit du ferment, se fait de la même manière que la sécrétion du mucus. Le liquide aqueux des vacuoles, par suite des mouvements du protoplasma, arrive au contact des grains de ferment qu'il entraîne et dissout en pénétrant dans l'acinus. C'est une véritable dissolution comme celle du mucus, dans laquelle on ne peut retrouver ni ferment, ni mucigène à l'état de pureté.

c. Les *cellules aquipares*, comme celles de la glande lacrymale, ont un grand nombre de vacuoles pleines d'un liquide clair tenant



Fig. 254. — Cellules épithéliales d'une glande sébacée remplies de gouttelettes graisseuses et destinées à se rompre, sécrétion holocrine (d'après Pouchet et Tourneux).

des matières salines en dissolution. Ce liquide est versé également dans les acini par rupture des vacuoles. Dans la glande lacrymale, il forme les larmes.

d. Les *cellules séreuses*, qu'on rencontre dans la parotide, les glandes sudoripares, la glande de Bartholin, et au fond des acini

de la glande sous-maxillaire, sous le nom de *croissants* de *Giannuzzi*, renferment des granulations variées parmi lesquelles on rencontre surtout des granulations protéiques ou albuminoïdes.

Dans les glandes sébacées, les tubercules de Montgoméry, la glande mammaire, les glandes de Meïbomius et les glandes cérumineuses, les cellules granuleuses qui tapissent les acini ou les tubes de ces glandes, ont un protoplasma actif dans lequel on voit se développer des granulations graisseuses du côté du pôle libre des cellules. Ces granulations se condensent en gouttelettes graisseuses qui se réunissent et finissent par remplir la cellule qui éclate et forme un produit de sécrétion gras, dans lequel on peut trouver les débris des cellules brisées.

Tel est le mode de formation des produits de sécrétion. Quelques glandes sécrètent un produit unique, c'est-à-dire une seule substance, comme du mucus (cellules caliciformes, glandes sublinguales) de la sérosité (glande lacrymale). Mais la plupart d'entre elles (sous-maxillaire, pancréas, etc.), fournissent un mélange d'eau, de mucus et de ferments, parce que des cellules de nature différente se rencontrent dans les culs-de-sac glandulaires.

Glandes mérocrines et glandes holocrines. — Selon le mode de production du produit de la sécrétion, Ranvier a divisé les sécrétions et les glandes en sécrétions et glandes mérocrines, et sécrétions et glandes holocrines.

Dans la *sécrétion mérocrine* (de *méros*, μερος, partiel, et *crino*, κρινω, je sécrète), les cellules glandulaires se détruisent partiellement, du côté du pôle qui regarde la cavité de l'acinus, mais le protoplasma de l'autre pôle, qui est resté intact, renouvelle la partie détruite, de sorte que les cellules glandulaires partiellement détruites pendant la sécrétion se reconstituent pendant le repos de la glande. La plupart des glandes sont mérocrines.

Dans la *sécrétion holocrine* (de *olos*, ὁλος, entier et κρινω, je sécrète), la cellule glandulaire se détruit complètement et verse dans l'acinus son contenu ainsi que les débris de sa paroi détruite. Mais à mesure que les cellules tombent, gorgées de graisse, des cellules plus jeunes les remplacent. Les glandes holocrines ne sont pas très nombreuses ; on ne peut citer que les glandes sébacées, les tubercules de Montgoméry, les glandes de Meibomius, les glandes cérumineuses et la mamelle, qui est en même temps mérocrine.

La sécrétion de l'encre de la seiche, qui fut découverte d'abord par Goodsir est une véritable sécrétion holocrine, puisque les granulations noires pigmentaires contenues dans des cellules sont évacuées par déliquescence de ces cellules.

Liquide de sécrétion. — La plus grande partie du liquide de sécrétion vient du sang. L'eau du sang, chargée de principes minéraux, traverse la paroi des capillaires qui entourent l'acinus; elle traverse ensuite la paroi propre de la glande, le protoplasma des cellules et se mêle, dans l'acinus, aux produits de sécrétion de ces cellules qui se dissolvent dans l'eau du sang. Comme les cel-

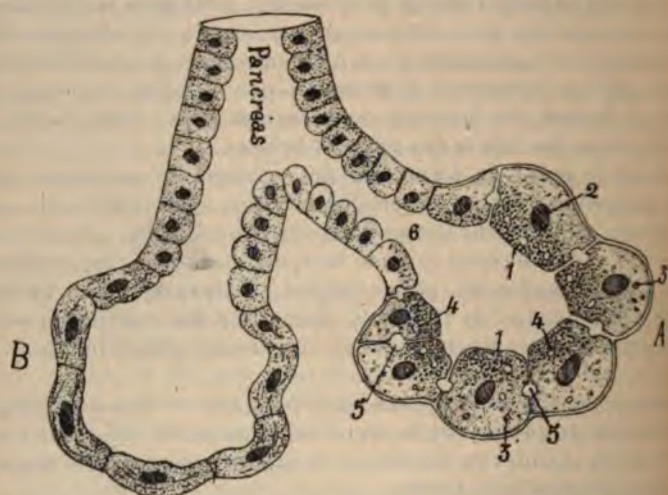


Fig. 255. — Deux acini du pancréas montrant la différence de l'épithélium des acini et des tubes excréteurs, et la différence des cellules gladulaires en activité et au repos (pancréas).

1, acinus dont les cellules sont en fonction. — B. au repos (affaissement des cellules). — 1, pôle libre des cellules glandulaires (le pôle d'insertion est situé contre la lame vitrée). — 2, noyau des cellules glandulaires. — 3, vacuoles. — 4, grains zymogènes. — 5, canaux ou espaces intercellulaires.

lules se sont détruites en partie en formant une substance qui se mêle à l'eau du sang, on peut dire que le liquide de sécrétion des glandes mérocrines est une *solution des cellules glandulaires*, solution de mucus dans les glandes mucipares, de ferments dans les glandes à cellules zymogènes et dans les glandes séreuses, etc.

Les liquides de sécrétion sont rarement des solutions pures comme l'est celle de la parotide, glande purement séreuse. Le plus souvent, les liquides de sécrétion sont un mélange de mucus et de ferments et dans ce cas les glandes qui les fournissent, comme la sous-maxillaire, sont appelées *glandes mixtes*.

Action élective des glandes. — L'épithélium glandulaire donne aux glandes une propriété bien singulière : *l'action élective*

qu'elles exercent sur le sang. Ainsi le rein prend l'urée qui ne passe par aucune autre glande ; le poumon, et les glandes sudoripares à l'état de repos, sécrètent des gaz. Cette propriété élective des glandes ne s'exerce pas seulement sur les éléments contenus dans le sang, mais aussi sur les substances médicamenteuses et toxiques. C'est ainsi que le foie s'empare du phosphore et des préparations de plomb, le rein, du nitrate de potasse et de l'iodure de potassium, les glandes salivaires, des sels mercuriaux, le poumon, de toutes les substances gazeuses et volatiles introduites dans le sang : éther, chloroforme, principe volatil de l'ail, alcool, etc.

Il faut donc admettre qu'il existe dans les glandes quelque chose d'inconnu, de mystérieux, qui restera longtemps inexplicable, et nous dirons avec Renaut que l'étude anatomique des organes sécréteurs ne livrera pas à notre esprit le *secret du phénomène intime de la sécrétion*.

Mode d'évacuation des liquides sécrétés. — L'eau du sang, pénétrant par endosmose dans les acini et dissolvant les cellules, remplit les acini et les tubes excréteurs, de sorte que les nouvelles portions de liquide sécrété repoussent les anciennes en les chassant vers l'ouverture. Cette force de propulsion est désignée sous le nom de *vis a tergo* (poussée par derrière).

A cette force s'ajoutent des moyens accessoires d'expulsion. Ainsi Ranvier attribue aux cellules d'épithélium cylindrique strié, qui tapissent la surface interne des conduits des glandes salivaires, un certain degré de pouvoir contractile qui concourt à la progression du liquide sécrété. Unna, Ranvier et Renaut attribuent également un pouvoir contractile, qui aide à la propulsion des liquides sécrétés, à la couche de cellules en panier de Boll situées entre la lame vitrée et le revêtement épithélial des acini et des canaux excréteurs des glandes dérivées de l'ectoderme (éléments myo-épithéliaux).

Certaines glandes, comme les glandes de l'estomac, sont dépourvues d'éléments myo-épithéliaux. On constate néanmoins un dispositif musculaire qui aide à l'expulsion du suc gastrique. C'est d'abord la couche musculaire muqueuse qui passe au-dessous des glandes et ensuite des prolongements de cette couche qui forment des cloisons entre les glandes de manière à former à chacune d'elles une sorte d'enveloppe musculaire. Il en est de même dans les glandes du cardia chez le chien.

Dans quelques glandes, on trouve une couche de fibres musculaires lisses en dehors de la membrane vitrée.

Influence du système nerveux sur les sécrétions. — Nous avons

vu que les cellules glandulaires sont les éléments anatomiques le plus directement en rapport avec les terminaisons nerveuses. Les glandes possèdent toutes des nerfs qui président à la sécrétion. On connaît surtout le nerf excito-moteur de la glande sous-maxillaire, la corde du tympan, sur lequel ont expérimenté Claude Bernard, Vulpian, Heidenhain et Ranvier (1). Il est démontré qu'on peut, en excitant la corde du tympan, provoquer une abondante sécrétion de la glande maxillaire et lui faire rendre une quantité de liquide six fois supérieure au poids de la glande. Cette expérience prouve que le produit de sécrétion n'est pas dû à la fonte totale des cellules glandulaires, mais bien à leur destruction partielle et à une formation incessante de la part du protoplasma qui reste. Si la salive était formée par la destruction des cellules, elle ne pourrait jamais excéder le poids de la glande.

Stomates des culs-de-sac glandulaires. — Autrefois, on croyait sans raison que les parois des alvéoles, ou culs-de-sac glandulaires, étaient percées de trous qui laissaient transsuder l'eau du sang. Récemment Boll a remarqué qu'il existe de véritables perforations, ou stomates de la lame vitrée.

Ces stomates existent réellement, et ils sont plus nombreux dans les canaux intralobulaires. Ils sont dus à la perforation de la lame vitrée par les cellules migratices extra-alvéolaires qui traversent la paroi du cul-de-sac et se mélangent au liquide de sécrétion. Ces stomates sont plus nombreux dans les acini d'une glande épuisée par la sécrétion que dans ceux d'une glande au repos. Dans les canaux intralobulaires, les cellules migratrices s'arrêtent souvent entre les cellules striées du conduit excréteur. Heidenhain avait pris à tort les cellules migratrices, autrement dit, les cellules lymphatiques mêlées à la salive, pour les débris des cellules glandulaires des glandes en desquamation. En 1868, Heidenhain étudia la fonte des cellules glandulaires de la glande sous-maxillaire au moyen de la sécrétion artificielle produite par l'excitation de la corde du tympan.

N'oublions pas qu'il existe dans les acini de la glande sous-maxillaire, entre la paroi propre et les cellules glandulaires, de petits groupes de cellules granuleuses auxquels on a donné le nom de *croissants de Giannuzzi* ou de *lunules de Heidenhain.*

Heidenhain avait cru remarquer que, dans la sécrétion de la salive, les cellules glandulaires se détruisaient complètement et

(1) Il faut savoir se limiter. Ne pouvant décrire ici l'action du système nerveux sur chaque glandes en particulier, je renvoie à l'étude de ces glandes à celle des glandes salivaires principalement.

que les celulles des croissants de Giannuzzi proliféraient activement pour remplacer les cellules glandulaires détruites.

Ranvier a prouvé que les affirmations de Heidenhain sont inexactes. Il résulte de ses expériences que les cellules glandulaires des acini de la glande sous-maxillaire ne sont pas détruites, mais simplement modifiées. La cellule perd une partie de son

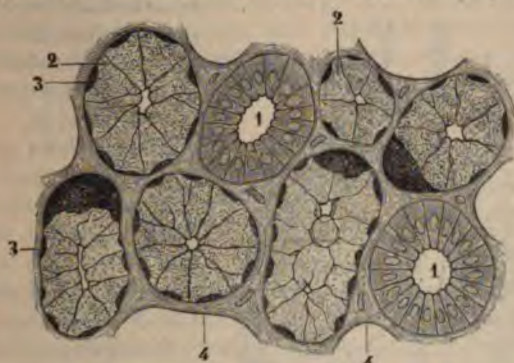


Fig. 256. — Section d'un fragment de glande sous-maxillaire du chien durci dans l'alcool et traité par le carmin et l'acide acétique.

1, 1, canaux excréteurs divisés ; on voit leur épithélium cylindrique strié. — 2, 2, cellules mucipares. — 3, 3, noyaux de ces cellules refoulés vers leur base. — 4, 4, tissu conjonctif. On voit des croissants de Gianuzzi dans trois acini de la préparation.

protoplasma, mais celui qui reste répare, pendant le repos de la glande, les pertes subies : le noyau, situé au fond de la cellule, se rapproche du centre et le protoplasma perdu se reconstitue assez rapidement. Ranvier a constaté, en outre, que les cellules des croissants de Giannuzzi ne sont pas modifiées, ce sont simplement des cellules séreuses, produisant un liquide aqueux qui se mêle au liquide de la glande.

Le poumon est une glande acineuse. — Depuis la première édition de cet ouvrage, qui remonte à 1863, j'ai insisté sur la ressem-



Fig. 257. — Schéma de la paroi d'un lobule glandulaire. On voit que ce schéma diffère de celui de la membrane glandulaire type des glandes, en ce que les vaisseaux sont situés entre la paroi et l'épithélium.

blance du poumon avec une glande acineuse. Le poumon est une glande, et par son développement et par ses fonctions.

Le poumon, né de l'endoderme par une invagination de cette

couche épithéliale, se développe absolument comme une glande acineuse, comme on peut le voir sur les figures 251 et 252.

Le poumon est constitué comme une glande acineuse, il a des lobes, des lobules, des acini et des canaux excréteurs représentés par les voies respiratoires. Si les vaisseaux de l'acinus du lobule pulmonaire avaient été situés en dehors de la paroi propre comme dans les glandes acineuses, les gaz n'auraient pas pu la traverser, parce qu'elle est formée de substance élastique.

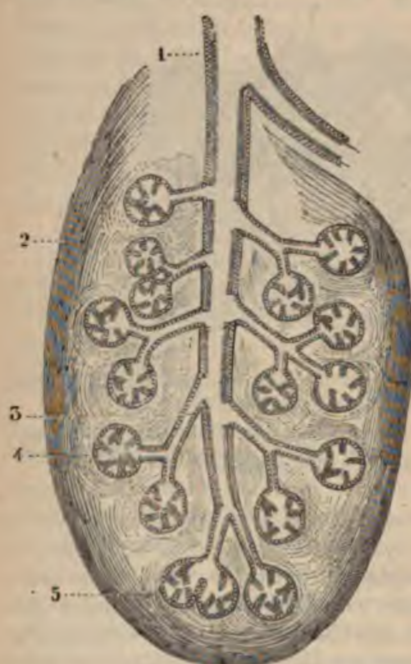


Fig. 258. — Lobule pulmonaire identique à un lobule de glande acineuse.

1, conduit excréteur. — 2, enveloppe de tissu conjonctif logeant les vaisseaux et les nerfs. — 3, conduit excréteur de second ordre. — 4, lobule primitif ou acinus. — 5, cloisons séparant les culs-de-sac.

Nous savons que les organes s'adaptent, se modifient, selon les fonctions. Le poumon devait être élastique pour l'acte de l'expiration qui se fait par l'élasticité de cet organe.

C'est pour cette raison que l'acinus pulmonaire offre une modification dans sa structure et que le réseau vàsculaire est situé entre la paroi élastique de l'acinus et l'endothélium pulmonaire. Les gaz traversent facilement la paroi capillaire et la paroi endothéliale.

Je maintiens donc qu'un organe qui se développe comme une glande acineuse, qui offre une structure analogue et dont les modifications anatomiques sont en rapport avec la double fonction du poumon, absorption de l'oxygène et excrétion de l'acide carbonique, je maintiens que cet organe est une glande acineuse destinée à excréter toutes les substances gazeuses et volatiles contenues dans le sang, comme le rein excrète les substances dissoutes dans l'eau du sang.

A quoi sert le poumon ? Le poumon est un organe d'absorption et un organe d'excrétion. Sa puissance d'absorption est très grande. Il absorbe l'oxygène, mais malheureusement sa puissance d'absorption est plus étendue. Nous avons vu, en parlant des épi-

théliums, qu'on peut faire absorber à un animal des quantités colossales d'eau en les injectant par petites portions dans les voies respiratoires. Avec l'oxygène, le poumon absorbe toutes les substances gazeuses contenues dans l'air, substances souvent délétères (asphyxie par le charbon).

Dans les intervalles où il n'absorbe pas l'oxygène, le poumon excrète l'acide carbonique et il rejette en outre les substances volatiles introduites dans le sang soit pendant l'alimentation (ail, oignon, etc.), soit dans un but thérapeutique (éther, chloroforme, etc.), et de plus une matière organique mal définie.

ARTICLE II

GLANDES CLOSES

Nous venons d'étudier les organes glandulaires qui versent leur produit de sécrétion à la surface de la peau et des muqueuses, c'est-à-dire les glandes ouvertes. Il existe dans le corps de l'homme et des animaux des organes qui produisent des substances néces-



Fig. 259. — Deux lobules du corps thyroïde.
1, 1, vésicule close. — 2, 2, vaisseaux. — 3, 3, tissu conjonctif.

saires à la vie et qui, au lieu d'être évacuées au moyen de conduits excréteurs, passent dans les vaisseaux capillaires lymphatiques et sanguins, qui les transportent dans le courant circulatoire.

Ces organes, désignés parfois sous le nom de *glandes vasculaires sanguines*, ont pour caractère commun de posséder une *sécrétion interne* contenant ou non des *éléments figurés* (cellules lymphatiques).

Pour n'en citer qu'un exemple, je prendrai le *corps thyroïde*.

Cet organe, par sa sécrétion interne, joue un grand rôle dans la nutrition du tissu conjonctif et des tissus de substance conjonctive, puisque l'ablation du corps thyroïde ne modifie plus les toxines produites par la désassimilation des *substances collagènes*, lesquelles s'accumulent dans le tissu conjonctif et produisent le *myxœdème* et l'*état crétinoïde*, qui sont les principaux symptômes de la cachexie produite par l'ablation totale de la thyroïde.

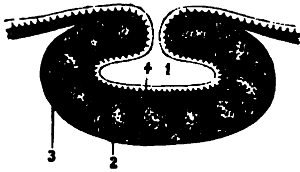


Fig. 260. — Glande à follicules clos de la base de la langue.

1, cavité recouverte d'épithélium. — 2, follicule clos. — 3, tissu conjonctif. — 4, papilles sous-épithéliales.

On doit donc conclure de ce qui précède que la sécrétion thyroïdienne versée graduellement dans le sang détruit, au fur et à mesure qu'il se forme, un produit toxique de l'organisme, encore inconnu.

Je crois qu'on peut ranger sous le nom commun de *glandes closes*, une foule d'organes, de volume très variable, très vasculaires, dont les usages sont mal connus ou tout à fait inconnus, tels que la rate, le corps thyroïde, le thymus, les ganglions lymphatiques, les amygdales, la glande de Luschka, les follicules clos que l'on rencontre surtout dans la muqueuse du tube digestif, l'hypophyse ou corps pituitaire, l'épiphyse ou glande pinéale.

Quoique les organes que je viens de nommer ne soient point identiques dans leur structure intime, on peut supposer, par le grand nombre de vaisseaux qu'ils reçoivent et par les rapports qu'ils affectent avec ces vaisseaux, on peut supposer, dis-je, qu'ils ont tous une sécrétion interne, quoique cette sécrétion soit, pour la plupart d'entre eux, inconnue dans son essence.

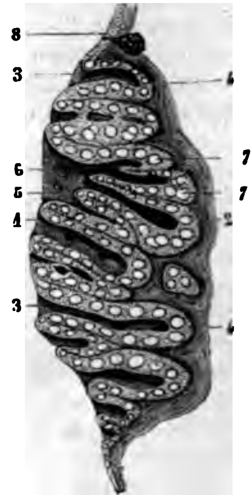


Fig. 261. — Coupe verticale et transversale d'une amygdale.

1, crête séparant deux lacunes amygdaliennes. — 2, tissu conjonctif. — 3, 3, 4, 4, ouverture et fond de plusieurs lacunes. — 5, plusieurs petites lacunes s'ouvrant dans une grande. — 6, leurs ouvertures. — 7, follicules clos. — 8, glande acineuse voisine.

La plupart de ces organes sont formés d'un tissu spécial, le *tissu réticulé*, fournissant des cellules lymphatiques (voy. *Tissu réticulé*). D'autres sont formés de vésicules closes. Ils seront

décrits avec les organes ou appareils auxquels ils sont annexés.

En étudiant le corps thyroïde, nous verrons que l'épithélium est situé au centre de corpuscules fermés, vésicules closes dont les parois ont les rapports les plus directs avec le système vasculaire. La physiologie et l'expérimentation nous démontrent que ces vésicules sécrètent une substance spéciale versée dans le torrent circulatoire par les vaisseaux sanguins et lymphatiques, substance dont bénéficient la plupart des tissus de l'organisme.

La plupart des glandes closes sont constituées par des amas de cellules lymphatiques au milieu d'un tissu conjonctif spécial formant de petites masses, ou *follicules clos*. La trame de ces follicules, au milieu de laquelle sont disséminées les cellules lympha-



Fig. 262. — Vaisseaux entourant deux follicules clos.

tiques, est formée d'un tissu conjonctif spécial auquel on donne le nom de *tissu réticulé* depuis Frey. Ce même tissu est le *tissu adénoïde* de His et le *tissu lymphoïde* de quelques auteurs.

Le tissu réticulé ne forme pas toujours des masses ou follicules, il est parfois disséminé dans le derme des muqueuses, comme on l'observe dans la muqueuse du tube digestif.

Les cellules lymphatiques contenues dans le tissu réticulé sont pourvues de mouvements amiboïdes énergiques. Elles émigrent du follicule et traversent le ciment intercellulaire des épithéliums pour se répandre à la surface des muqueuses. Il est possible qu'un grand nombre passent du follicule clos dans les capillaires sanguins et lymphatiques, avec lesquels elles ont des rapports étendus.

C'est là un mode de sécrétion interne analogue à celui de la vésicule close du corps thyroïde et à celle des cellules du foie, qui sécrètent le glycogène par sécrétion interne.

CHAPITRE III

TISSU FOURNI PAR LE FEUILLET MOYEN DU BLASTODERME (1)

SÉREUSES

Les séreuses sont des membranes minces qui tapissent les parois des cavités closes auxquelles elles adhèrent. Ce sont des couches épithéliales doublées d'une mince couche de tissu conjonctif. A ce titre elles pourraient être décrites avec le tissu conjonctif. Je préfère les placer à la suite des épithéliums parce que, des deux couches qui les constituent, la couche épithéliale est certainement la plus importante.

Ces membranes étaient considérées par Bichat comme des sacs sans ouvertures. Velpeau a fait voir que les membranes séreuses sont plutôt des surfaces, et que la comparaison que faisait Bichat d'une membrane séreuse à un bonnet de coton n'est vraie que pour les séreuses splanchniques.

Depuis Velpeau, on divise les séreuses en quatre classes : 1° *séreuses splanchniques ;* 2° *séreuses articulaires;* 3° *séreuses tendineuses*; 4° *séreuses sous-cutanées.*

Elles ont toutes pour caractère commun de présenter une surface lisse, polie, humectée d'un liquide filant destiné à faciliter le glissement de quelque organe. La séreuse limite une cavité virtuelle qui n'existe, à proprement parler, qu'à l'état pathologique, lorsque, par exemple, la plèvre est le siège d'un épanchement gazeux ou d'un épanchement liquide, ou qu'une synoviale est affectée d'hydarthrose.

1° *Séreuses splanchniques ou grandes séreuses.*

Cette classe comprend l'arachnoïde, la plèvre, le péricarde, le péritoine et la tunique vaginale. Comme la tunique vaginale est

(1) La vraie place des séreuses serait logiquement après le tissu nerveux. Je préfère les placer après les épithéliums et les glandes à cause de la parenté des séreuses avec les épithéliums.

une dépendance du péritoine, il n'y a à proprement parler que quatre grandes séreuses.

Partout continues, ces membranes sont comparables à un sac sans ouverture, excepté le péritoine qui présente, chez la femme, une petite ouverture faisant communiquer la cavité péritonéale avec la trompe de Fallope.

Ces membranes ont une surface intérieure, ou superficielle, recouverte d'épithélium, qui regarde la cavité même de la séreuse et une surface extérieure adhérente ou profonde, tomenteuse, formée de tissu conjonctif.

La membrane séreuse (prenons la plèvre par exemple) enveloppe le viscère, le poumon, *feuillet viscéral*, puis se réfléchit sur la paroi, sur la surface interne de la cavité thoracique, *feuillet pariétal*. A la manière de Bichat, on peut comparer cette membrane à un bonnet de coton, dont la partie profonde, qui est en contact avec la tête, représente le feuillet viscéral de la séreuse, tandis que la partie superficielle, en rapport avec l'air libre, rappelle le feuillet pariétal. La cavité située entre les deux feuillets du bonnet de coton représente la cavité séreuse ; enfin le bord de cette coiffure qui entoure la tête, et qui réunit le feuillet profond du bonnet au feuillet superficiel, correspond aux moyens de communication qui établissent la continuité du feuillet pariétal et du feuillet viscéral.

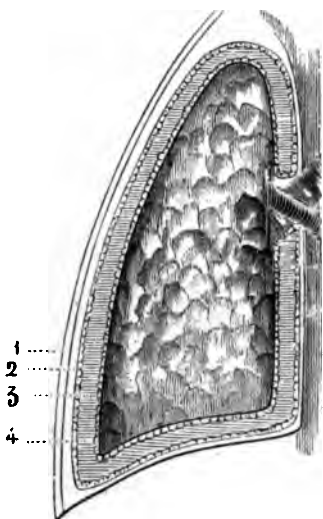


Fig. 263. — Schéma d'une grande séreuse (plèvre).

1, paroi thoracique. — 2, feuillet pariétal. — 3, feuillet viscéral écarté à dessein pour montrer la cavité. — 4, de la séreuse. A droite de la figure, on voit la bronche et les vaisseaux pulmonaires, autour desquels la plèvre forme une gaine en se réfléchissant.

Le *feuillet pariétal* des séreuses est plus épais que le feuillet viscéral ; il est souvent doublé de tissu fibreux, et il est un peu transparent.

Cette doublure est remarquable dans la cavité thoracique où l'on peut détacher la presque totalité de la plèvre et la séparer des côtes et des muscles intercostaux internes. Dans le péricarde, cette doublure est résistante et assez épaisse ; elle est formée par le sac fibreux du péricarde. On peut arracher de grands lambeaux de

péritoine doublé de tissu cellulo-graisseux, dans les fosses iliaques, dans la région lombaire, etc.

• Le *feuillet viscéral*, plus mince, n'est point en général séparable des viscères qu'il recouvre ; sa transparence est plus grande que celle du feuillet pariétal. Il est quelquefois si mince qu'il disparaît, comme on peut l'observer sur quelques points du foie.

Les deux feuillets sont en continuité par des prolongements, sortes de gaines entourant les divers organes qui se portent des viscères aux parois de la cavité, comme autour du pédicule des poumons, du cordon testiculaire, des veines et des nerfs de l'encéphale, etc., etc.

Structure. — Il n'est pas possible de décrire ici la structure de chaque séreuse en particulier ; nous donnons des indications générales, que le lecteur complétera en étudiant chaque séreuse.

Les séreuses sont formées de deux couches, l'*endothélium* et le *derme*, ou *trame* de la séreuse, qui reçoit des *vaisseaux* et des *nerfs*.

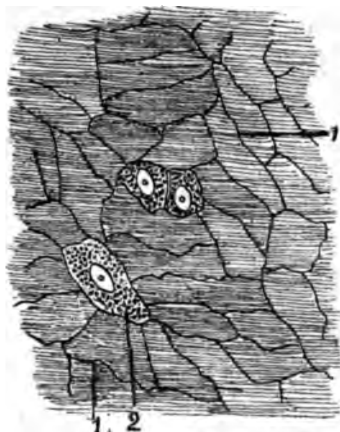


Fig. 264. — Endothélium du mésentère de la grenouille imprégné d'argent.

1, 1, cellules endothéliales ordinaires et lignes de ciment intercellulaire. 2, grande cellule granuleuse avec un noyau ovoïde.

Endothélium des séreuses. — Ces cellules forment une seule couche, elles sont aplaties du côté de la cavité de la séreuse, irrégulières sur leur face opposée. Très minces, 1 μ, et très larges, 40 à 60 μ, ces cellules ne se maintiennent pas sous le microscope, elles se plissent. Elles sont si minces que pendant longtemps on n'a aperçu que leur noyau, ce qui faisait croire que la couche superficielle des séreuses était une couche hyaline, amorphe, transparente, parsemée de noyaux. Ces noyaux, situés sur la face profonde de la cellule, sont entourés d'une masse de protoplasma.

Les bords des cellules endothéliales sont festonnés, très onduleux et réunis par un ciment intercellulaire que la solution de nitrate d'argent à 1 p. 300 colore en noir d'après le procédé de Recklinghausen. On trouve fréquemment des petites cellules entre les grandes.

D'après Ranvier, la surface libre de la cellule endothéliale est recouverte par une mince *cuticule* formée de protoplasma condensé. De plus, le réseau de protoplasma profond d'une cellule s'anastomoserait avec celui des cellules voisines à la face profonde de l'épithélium.

Il existe une membrane basale, couche hyaline sous-endothéliale très mince (Ranvier, 1891. Comptes rendus de l'Acad. des Sciences).

On rencontre en certains points des séreuses, sur le péritoine principalement, des particularités intéressantes qui ont été mises en relief par le professeur Ranvier. On y trouve des perforations de l'épithélium, de véritables trous, et des ouvertures appelées stomates ou puits lymphatiques.

Trous. — Les *trous* des cellules épithéliales s'observent au microscope; ils ont quelque analogie avec ceux qu'on observe dans

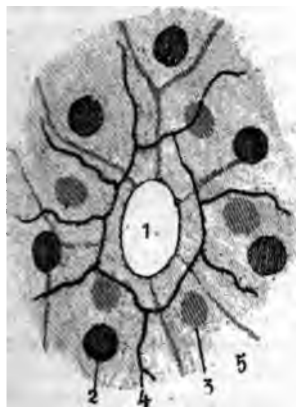


Fig. 265. — Trou complet de l'épiploon du lapin en pleine cellule endothéliale tombant sur le plein d'une cellule endothéliale du côté opposé.

1. trou — 2. noyau des cellules superficielles. — 3. noyau des cellules du côté opposé. — 4. ciment intercellulaire coloré par le nitrate d'argent. — 5. même ciment intercellulaire de la face opposée.

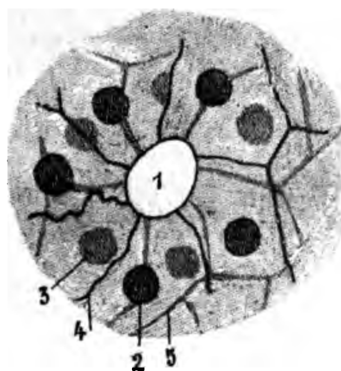


Fig. 266. — Trou complet de l'épiploon du lapin au point de réunion de plusieurs cellules correspondant au centre d'une cellule endothéliale du côté opposé.

1. trou. — 2. noyau des cellules superficielles. — 3. noyau des cellules profondes. — 4. ciment intercellulaire de la couche superficielle. — 5. ciment intercellulaire de la couche profonde.

les vieux meubles. Ranvier a constaté ces ouvertures sur le grand épiploon. Elles existent tantôt dans le ciment intercellulaire, tantôt en pleine cellule. Comment se forment ces ouvertures?

La surface de la séreuse exhale un liquide transparent, venu par exsudation des capillaires. Il renferme de nombreuses cellules

lymphatiques, ou leucocytes, animées de mouvements amiboïdes, Ranvier a constaté le passage de ces cellules migratrices à travers la couche épithéliale; il a surpris de ces cellules en train de perforer une cellule endothéliale et de la traverser. Il a vu aussi que ces cellules s'arrêtent quelquefois dans la perforation où elles s'établissent pour se transformer en cellules endothéliales.

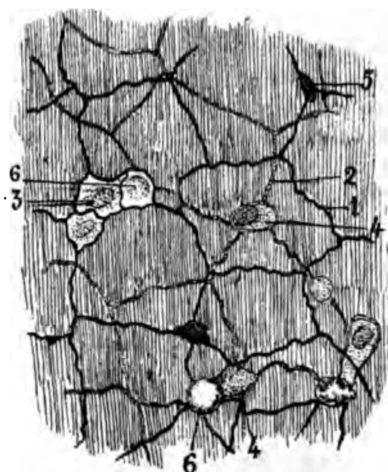


Fig. 267. — Grand épiploon d'un lapin de trois mois, imprégné d'argent sur place, chez l'animal qui vient d'être sacrifié (d'après Ranvier).

1, ciment intercellulaire de la face supérieure. — 2, ciment intercellulaire des cellules de la face inférieure. — 3, petites cellules intercalaires. — 4, cellule lymphatique. — 5, amas d'albuminate d'argent. — 6 6, trous de la membrane.

Nids et *Puits*. — En 1862, Recklinghausen a décrit, sous le nom de *stomates*, des ouvertures qu'il a trouvées sur le péritoine au niveau du centre phrénique du diaphragme et qu'il a supposées communiquer avec les origines des vaisseaux lymphatiques, d'où il a conclu que les séreuses étaient de vastes surfaces lymphatiques.

Les stomates sont des espèces de fentes entre les faisceaux tendineux du centre phrénique, sur lesquelles passe le péritoine.

L'expérience sur laquelle cet auteur s'était appuyé pour émettre cette hypothèse est la suivante. Déposant du lait ou toute autre émulsion sur le centre phrénique, il constatait que ces globules gras passaient dans les lymphatiques du diaphragme. Même constatation avec une solution de bleu de Prusse.

Ranvier, contrôlant les recherches de Recklinghausen, a donné aux stomates le nom de *puits lymphatiques*. Il a constaté, en traitant l'endothélium par l'acide osmique, qu'en certains points, on trouve des ouvertures circonscrites par de petites cellules arrondies. Dans cette ouverture, il n'y a pas de perforation et l'endothélium est intact. Les petites cellules qui entourent l'ouverture et qui forment la margelle du puits ont les caractères des leucocytes. Ranvier pense que ces puits sont le lieu de passage des leucocytes dans les lymphatiques au moyen de leurs mouvements amiboïdes.

Pouchet et Tourneux ont constaté qu'il existe des cellules de

transition entre les leucocytes des puits lymphatiques et les cellules endothéliales complètes; ils en ont conclu que les stomates de Recklinghausen, puits lymphatiques de Ranvier, sont des *nids* d'éléments épithéliaux jeunes destinés à remplacer les grandes cellules épithéliales qui tombent par desquamation.

Quelques séreuses paraissent dépourvues de ces stomates chez

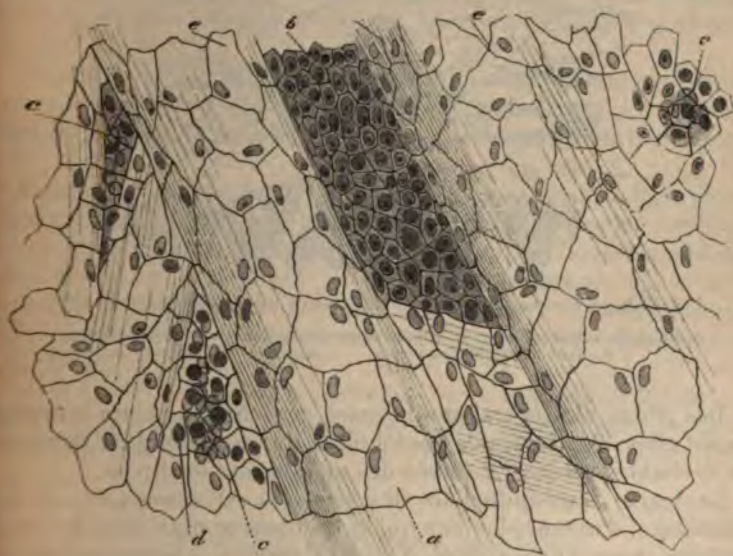


Fig. 268. — Puits lymphatiques. — Epithélium du péritoine au niveau du centre phrénique (préparation de MM. Tourneux et Hermann).

a, cellules endothéliales avec leurs noyaux. — *b*, *c*, *c*, stomates, fentes, puits ou nids situés entre deux faisceaux tendineux. — *d*, noyaux faisant saillie à la surface des cellules.

certains animaux, particularité qui entraîne des variétés pathologiques des plus singulières. C'est ce qu'affirmait G. Pouchet, en 1873, à la Société de biologie. Il a présenté un *axolotl* blanc, atteint d'ascite, en faisant remarquer que cet épanchement séreux s'observe aussi chez les autres batraciens dépourvus de stomates dans le péritoine, comme chez les *tritons*. Il en est de même chez la *carpe*. On ne trouve pas l'ascite, au contraire, chez la *grenouille*, le *crapaud* et la *rainette*, qui présentent les orifices lymphatiques décrits par Recklinghausen.

Couche sous-endothéliale (derme ou trame de la séreuse). — Elle a une épaisseur variable de 50 à 140 μ. Elle est formée de

tissu conjonctif avec ses faisceaux de fibrilles, et ses cellules plates. Les faisceaux sont entre-croisés et leur direction est parallèle à la surface de la séreuse. Les cellules plates ou fixes sont appliquées sur les faisceaux de fibrilles conjonctives.



Fig. 269. — Coupe du péritoine au niveau de la paroi abdominale.

a, coupe de l'endothélium. — *b*, tissu sous-endothélial. — *c*, réseau élastique. *d*, tissu conjonctif sous-séreux. — *e*, faisceaux musculaires.

Des *fibres élastiques* nombreuses existent dans cette couche; tantôt elles s'entrelacent, tantôt elles s'anastomosent et forment de véritables réseaux et même des membranes fenêtrées.

La trame sous-épithéliale des séreuses est vasculaire, et les *vaisseaux*, d'autant plus fins qu'on les observe plus près de l'épithélium, forment un réseau, à mailles serrées et polygonales; ils viennent du tissu sous-séreux, qu'il est difficile de séparer nettement du derme de la séreuse. Dans les séreuses un peu épaisses, les vaisseaux forment deux ou trois plans superposés, et n'arrivent jamais jusqu'à l'endothélium.



Fig. 270. — Endothélium de la séreuse pleurale.

Les *lymphatiques* sont nombreux, ils arrivent jusqu'à la membrane vitrée sous-endothéliale.

Les *nerfs* viennent surtout du grand sympathique et il ne faut pas oublier que Cl. Bernard a produit des pleurésies chez les animaux en leur extirpant le ganglion cervical supérieur.

Les séreuses sont peu sensibles à l'état normal; les chiens atteints de plaies du péritoine mordent cette membrane sans paraître s'en apercevoir. Mais elles deviennent très sensibles quand elles sont enflammées.

Développement. — La formation de l'arachnoïde est plus tardive que celle des trois autres grandes séreuses. Le cœlome, ou fente pleuro-péritonéale, est visible dès le second jour de l'incubation. Cette fente, en s'agrandissant, pour former la grande cavité pleuro-péritonéale, refoule, en les aplatissant, les cellules épithéliales et les corpuscules de tissu conjonctif du mésenchyme. Ce n'est que quelques jours plus tard que se forment les cloisons qui doivent diviser cette grande cavité en péritoine, plèvres et péricarde.

Quant à l'arachnoïde, elle n'apparaît qu'à la quatrième semaine; elle n'est pas la transformation d'une cavité préexistante, mais elle résulte du clivage du tissu du mésenchyme qui entoure la moelle.

Fonctions des séreuses. — Les séreuses servent à faciliter les mouvements des organes contenus dans les cavités splanchniques. Pour faciliter ces mouvements elles exhalent un liquide onctueux, peu abondant, qui forme à leur surface épithéliale une couche humide comparable aux matières grasses dont on enduit les parties des machines qui sont soumises à des frottements souvent répétés.

Le liquide sécrété par les séreuses, très analogue à la lymphe, contient les leucocytes, ou cellules lymphatiques, douées de mouvements amiboïdes énergiques, et des cellules épithéliales détachées de la surface de la séreuse.

2° *Séreuses articulaires, synoviales.*

Paracelse a donné le nom de *synoviales* aux membranes séreuses qui tapissent la surface interne des articulations mobiles, et qui sécrètent la *synovie*, liquide destiné à faciliter les mouvements des surfaces articulaires.

Ces membranes n'occupent point toute l'étendue de l'articulation, et en cela elles diffèrent des grandes séreuses ; les surfaces articulaires en sont dépourvues. Elles doublent la surface interne des ligaments, et dans les points où une portion d'os, comme le col du fémur, est contenue dans la cavité articulaire, elle se réfléchissent sur cette partie osseuse, dont elles recouvrent le périoste jusqu'au cartilage articulaire.

Le tissu de la synoviale se continue avec le bord libre des cartilages articulaires.

La *surface externe* des synoviales est en rapport avec les ligaments, auxquels elle adhère, quelquefois avec des tendons et presque toujours avec le périoste, avant d'atteindre le cartilage articulaire. On peut, dans certaines parties, séparer la membrane

synoviale des parties qu'elle recouvre, principalement dans les points où elle se réfléchit des ligaments sur les os.

Il ne faut pas oublier le rapport qu'affecte la synoviale avec le périoste dans le voisinage du cartilage articulaire, entre le cartilage et l'insertion des ligaments. En effet, l'inflammation peut se propager de la synoviale au périoste et à l'os, et du périoste à la synoviale, comme on l'observe dans l'évolution des tumeurs blanches. Dans presque toutes les diarthroses, on constate ce rapport intime de la synoviale et du périoste : à l'extrémité supérieure de l'humérus, au col du radius, aux condyles du fémur et du tibia, etc.

La *surface interne* est lisse, polie, sans cesse baignée par la synovie.

Les *extrémités* de la synoviale, les *bords*, se terminent autour du cartilage articulaire. On croyait autrefois que l'endothélium se continuait sur les bords du cartilage dans une étendue de 2 ou 3 millimètres et qu'il cessait en formant un bord dentelé. Mais, d'après les recherches récentes de Colomiati et de Soubbotine, il existerait entre le bord du cartilage et celui de la synoviale une petite bande de tissu fibreux non recouverte d'épithélium.

Structure. — Les synoviales sont composées de deux couches : l'une externe, formée de tissu conjonctif condensé ; l'autre interne, endothéliale ; de vaisseaux et de nerfs.

La *couche externe*, *trame*, est constituée, dans la partie sous-endothéliale, par des faisceaux de tissu conjonctif parallèles et entremêlés de fibres élastiques fines et de cellules conjonctives fusiformes et étoilées. Entre cette couche et les ligaments, on voit le tissu conjonctif se condenser et se rapprocher des caractères du tissu fibreux des ligaments ; ses faisceaux s'entrecroisent et les fibres élastiques fines, plus abondantes, forment des réseaux au milieu desquels on rencontre des cellules adipeuses, et quelquefois des cellules de cartilage isolées.

La *couche interne*, *endothéliale*, n'est pas la même partout ; elle diffère sur les parties lisses et dans les franges synoviales. D'une manière générale les cellules endothéliales, pourvues d'un gros noyau, forment une seule couche, quelquefois plusieurs ; elles présentent plusieurs formes, arrondies, ovalaires ou aplaties.

Sur les *franges synoviales* elles forment une rangée de cellules cylindriques, présentant de distance en distance quelques cellules caliciformes. Selon quelques auteurs, on trouverait de petits corpuscules de synovie dans le protoplasma de ces cellules, qui les verseraient, par rupture, dans l'articulation. De sorte que les synoviales seraient de vraies glandes étalées en surface.

Les *vaisseaux sanguins* sont abondants. Venus des vaisseaux du voisinage ils forment un riche réseau jusque dans la couche sous-épithéliale. On voit dans les franges synoviales de longues anses capillaires qui n'arrivent pas à l'extrémité des prolongements. Les *veines* forment un réseau irrégulier qui se jette dans les veines voisines. Les *lymphatiques* forment, d'après Tillmanns, un réseau d'origine au-dessous de l'épithélium, réseau d'où partent des canaux lymphatiques qui se rendent aux ganglions voisins.

Les *nerfs* se terminent de deux manières : 1° par un réseau de fibrilles terminales dans la couche sous-épithéliale ; 2° par des *corpuscules intra-synoviaux* de Krause, 1874. Ces corpuscules, variables de 60 à 200 μ, sont formés d'une enveloppe conjonctive et de fibrilles nerveuses dépourvues de myéline et ramifiées à l'intérieur du corpuscule.

Follicules. — Quelques auteurs ont décrit sous le nom de *follicules synoviaux* de petites dépressions de la membrane synoviale, à travers les éraillures des ligaments. Ces culs-de-sac offrent une grande analogie avec des organes glandulaires, car ils sont tapissés d'une couche régulière d'épithélium cylindrique : on leur donne le nom de *dépressions folliculiformes.* Ils sont le siège des kystes synoviaux.



Fig. 271. — Mode de formation des kystes synoviaux à la face dorsale du carpe.

1, 2, ligaments latéraux. — 3, 3, deux kystes synoviaux formés par une hernie de la synoviale. — 4, 4, kystes à leur début.

Ces kystes s'observent au poignet, au genou, etc., ils ont le volume d'un pois, d'une noisette ; ils se laissent souvent écraser avec les doigts.

Au poignet, on les appelle *ganglions.*

Cavité virtuelle. — La cavité de la synoviale est, pour ainsi dire, virtuelle. Ses parois tendent à rentrer dans la cavité articulaire dans les mouvements, sous l'influence de la pression de l'air. La pression atmosphérique, du reste, tend à appliquer les surfaces articulaires l'une contre l'autre ; ce qui le prouve c'est le sifflement qui se produit quand le couteau ouvre une articulation. Cette sorte d'appel de la synoviale vers le centre de la cavité, par influence de l'air, explique la formation des *corps mobiles articulaires*, qui peuvent prendre naissance dans l'articulation, mais qui, ordinairement, viennent de l'extérieur, et y pénètrent peu à peu, en s'y

pédiculisant et en finissant par devenir libres. Ces corps mobiles sont souvent formés par des indurations plastiques, extérieures à l'articulation et provoquées par des phlegmasies diverses.

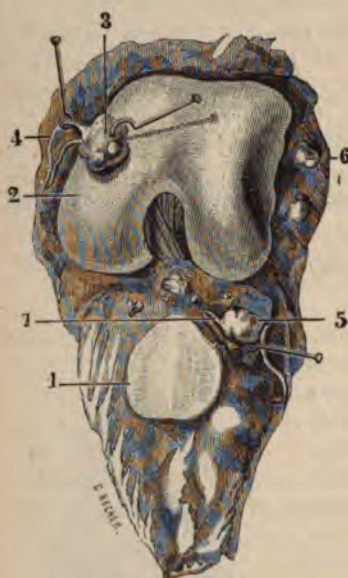


Fig. 272. — Communiquée par le baron Larrey. — Corps mobiles articulaires. Le genou est ouvert et la rotule renversée en bas.

1, face postérieure de la rotule. — 2, condyle externe du fémur. — 3, corps mobile avec un double pédicule très allongé. — 4, pédicule. — 5, autre corps mobile pédiculé. — 6, corps mobile plus récent ; le pédicule n'est pas encore formé. — 7, pédicule du corps mobile 5.



Fig. 273. — Coupe schématique du genou, montrant le mode de formation des corps mobiles articulaires.

1, induration sous-synoviale. — 2, elle est attirée vers l'articulation, et elle repousse la synoviale comme l'intestin d'une hernie refoule le péritoine. — 3, le pédicule commence à se former et à s'allonger. — 4, il se rompt, le corps mobile est libre. — 5, une frange synoviale.

Caractères de la synovie. — La synovie, qui a l'apparence du blanc de l'œuf, donne du moelleux pour ainsi dire aux mouvements articulaires, qui se produisent silencieusement. Chez quelques personnes, la synovie diminue ou disparaît, et les surfaces articulaires présentent des rayures dans le sens des mouvements. Ces mouvements s'accompagnent de grincements, de craquements, comme il s'en produit dans les roues des voitures qui ont besoin d'être graissées. C'est l'*arthrite sèche*, fréquente chez les vieillards.

La composition de la synovie est la suivante, d'après Frerichs : eau, 959,30 ; nucléo-albumine, 4 ; graisse et extractifs, albumine ou mucine, 26,62 ; sels, 10,08. Total, 1000.

La sécrétion de la synovie peut être troublée par le froid, ou par le fait d'une diathèse, ou d'une maladie constitutionnelle ; il peut s'épancher un liquide abondant qui augmente considérablement le volume de l'articulation (*hydarthrose*) ; celle-ci peut se développer rapidement, *hydarthrose aiguë*, ou lentement et graduellement, *hydarthrose chronique*.

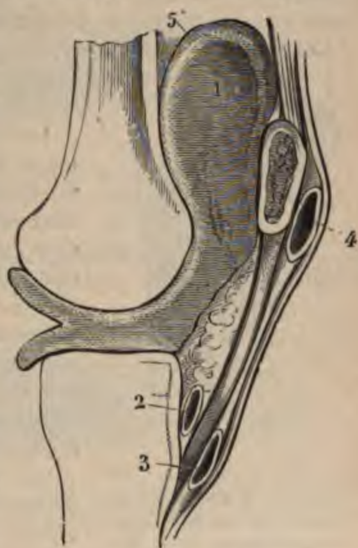


Fig. 274. — Hydarthrose.

1, liquide refoulant le cul-de-sac sous-tricipital. — 5, bourse séreuse entre le tendon rotulien et la tubérosité antérieure du tibia. — 3, séreuse sous-cutanée en avant du tendon rotulien et de la même tubérosité. — 4, séreuse prérotulienne.

Dans l'hydarthrose, le liquide refoule les parties les moins résistantes. Il projette la rotule en avant et il forme une grande saillie sous le triceps par suite du développement du cul-de-sac sous-tricipital de la synoviale. Lorsque la synoviale est enflammée, il y a *arthrite*. L'arthrite peut être simple, franche et fébrile, *arthrite aiguë*, ou lente, avec productions de fongosités, *arthrite fongueuse* ou *tumeur blanche*.

3° *Séreuses tendineuses*.

Les séreuses tendineuses sont des cavités formées, sous l'influence des frottements, par la rupture des cloisons du tissu conjonctif qui entoure les tendons et la réunion des aréoles qu'elles séparent, pour constituer une cavité unique. La paroi est formée par le refoulement du tissu conjonctif environnant.

Ces cavités closes sont tapissées à leur intérieur d'un endothélium formé aux dépens des cellules conjonctives. Ce revêtement de cellules endothéliales a été révélé par l'action du nitrate d'argent en solution. Les cellules dérivent du tissu conjonctif dont les corpuscules ont été aplatis et juxtaposés.

Le feuillet *viscéral* de la séreuse tendineuse est appliqué à la

surface du tendon, et le feuillet *pariétal* à la surface de la gai tendineuse. Les tractus celluleux, ou méso-tendons, sont éga ment recouverts par le revêtement épithélial.

Les gaines tendineuses comprennent donc la gaine tendineu proprement dite et la séreuse tendineu qui en tapisse l'intérieur.

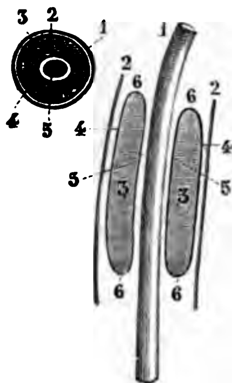


Fig. 275. — Séreuse tendineuse. A droite de la figure, on voit une coupe longitudinale de la séreuse du tendon et de la gaine.

1, tendon. — 2, 2, gaine tendineuse. — 3, 3, cavité de la séreuse. — 4, 4, feuillet de la séreuse tapissant la gaine (feuillet pariétal). — 5, 5, réflexion de la séreuse autour du tendon (feuillet viscéral). (Ce feuillet exagéré pour la démonstration ne peut pas être séparé du tendon.) — 6, 6, 6, 6, extrémités de la séreuse tendineuse formant un cul-de-sac.

A gauche de la figure, on voit une coupe perpendiculaire. — 1, gaine. — 2, séreuse tapissant la gaine (feuillet pariétal). — 3, cavité. — 4, réflexion de la séreuse sur le tendon (feuillet viscéral), — 5, tendon.

Les *séreuses tendineuses* sont situé au niveau des tendons qui sont le siè de frottements étendus. Elles sont d'au tant plus spacieuses que les mouvemen sont plus marqués. Les unes entoure complètement le tendon, on les appell séreuses tendineuses ***engainantes*** ou ***va ginales;*** les autres, ***séreuses vésiculaire*** sont aplaties, en forme de vésicules, situées au-dessous des tendons plat (tendons du rond pronateur, des muscle de la patte d'oie).

Les premières se rencontrent autou de la plupart des tendons du poignet, d genou, des malléoles, etc. On rencont les séreuses vésiculaires entre les te dons du grand dorsal et du grand ron entre la tubérosité bicipitale du radi et le tendon du biceps, au-dessous tendon du moyen fessier, au-dessous c tendons de la patte d'oie, etc.

En quelques points, les séreuses dineuses communiquent avec la ca d'une articulation et la séreuse es prolongement de la synoviale ; exem tendons de la longue portion du l et du sous-scapulaire pour l'artic scapulo-humérale, insertion sup du poplité pour le genou, etc.

Les séreuses tendineuses vé ont la même disposition et la même structure que le séreuses sous-cutanées. Elles sont formées par une pa conjonctif fort mince, qui recouvre la surface de la tendon ; elles ont une longueur qui varie de 1 à 1(environ. A leurs extrémités, les parois de la séreu se jettent autour du tendon auquel elles adhèrent tent ainsi une cavité dans laquelle le tendon gl cœur dans le péricarde. On peut se faire une idée

ces surfaces séreuses en examinant la forme qu'elles affectent



Fig. 276. — Kyste à grains riziformes sur le trajet d'un des tendons fléchisseurs des doigts (Michon).

lorsqu'elles sont le siège d'un épanchement par inflammation ou hydropisie ; le tendon est plongé au milieu du liquide patholo-



Fig. 277. — Kyste incisé de la synoviale des fléchisseurs des doigts. On y voit la cavité et la paroi du kyste avec une bride transversale superficielle (Michon).

gique qui le baigne, et qui forme une sorte de bourrelet aux deux extrémités de la gaine (kystes des tendons).

TABLEAU DES SÉREUSES TENDINEUSES.

A. **Tête.**

Sous le tendon de réflexion du péristaphylin externe.
— — du grand oblique de l'œil.

B. **Membre supérieur.**

1° *Épaule.*

Sous le tendon du sous-scapulaire [1].
— du sous-épineux [1].
Autour de la longue portion du biceps [1].
Entre les tendons du grand rond et du grand dorsal.

2° *Coude.*

Sous le tendon inférieur du biceps.
— — du triceps.

(1) Ces séreuses communiquent avec la synoviale articulaire ; celle du sous-épineux n'est pas constante.

3° *Poignet.*

Autour du tendon du grand palmaire.
— des tendons de tous les fléchisseurs.
— — des deux radiaux externes.
— du cubital postérieur.
— de l'extenseur propre du petit doigt.
— de l'extenseur commun des doigts et de l'extenseur de l'index.
— du long abducteur du pouce.
— du court extenseur du pouce.
— du long extenseur du pouce.

4° *Doigts.*

Autour des tendons des fléchisseurs profond et superficiel ; les séreuses pouce et de l'auriculaire sont un prolongement de la séreuse qui entoure fléchisseurs au carpe.

C. **Membre inférieur.**

1° *Hanche.*

Sous le tendon du moyen fessier.
— de réflexion de l'obturateur interne.

2° *Genou.*

Sous le tendon rotulien, à sa partie inférieure.
— du biceps.
Autour du tendon du demi-tendineux, en dedans du genou.
Sous le tendon du demi-membraneux.
Entre les tendons du demi-membraneux et du jumeau interne.
Sous le tendon du poplité au fémur [1] (Voir la note de la page 261).
Entre les tendons des muscles de la patte d'oie et le tibia.

3° *Cou-de-pied.*

Autour du tendon du jambier antérieur.
— — de l'extenseur propre du gros orteil.
— — de l'extenseur commun des orteils.
— — du jambier postérieur et du fléchisseur commun des ort (séreuse distincte pour chaque tendon).
— — du fléchisseur propre du gros orteil.
— — des péroniers latéraux, en arrière de la malléole exte (séreuse unique pour les deux tendons).

4° *Pied.*

Entre le tendon d'Achille et le calcanéum.
Autour du long péronier, sur la face externe du calcanéum.
— court péronier, sur la face externe du calcanéum.
— long péronier, sous le cuboïde.
— fléchisseur des orteils, gaine isolée pour chaque orteil.

Les séreuses tendineuses n'ont pas toujours une paroi limi par une membrane bien nette. Ainsi, autour des tendons du p

gnet, au niveau du ligament annulaire antérieur du carpe, la séreuse commune des tendons est plutôt un tissu conjonctif très lâche. Cependant quand elle est le siège d'un épanchement, celui-ci refoule la séreuse tendineuse au-dessus et au-dessous du ligament annulaire et il se forme une véritable paroi. On appelle la saillie double, formée par cet épanchement, *tumeur en bissac* (fig. 278).

On observe quelquefois une crépitation sensible à l'oreille et au doigt, au niveau du tendon, principalement à la face dorsale de la main. Cette crépitation est due à l'inflammation de la gaine tendineuse. On l'appelle *aï* ou *ténosite crépitante*.



Fig. 278. — Tumeur en bis sac du poignet. Thèse de concours de Michon.

1, 2, les deux extrémités fluctuantes de la tumeur communiquant entre elles en arrière du ligament annulaire qui étrangle la collection liquide. — 3, 4, petits kystes synoviaux peu développés.

Usages. — Les séreuses tendineuses ont pour fonction de favoriser le glissement des tendons ou des muscles. Pour remplir cette fonction, elles exhalent à leur surface interne ou endothéliale une couche de liquide analogue à celui des séreuses. Comme dans les synoviales, on peut observer dans les séreuses tendineuses un épanchement liquide qui refoule la séreuse et forme une sorte de boudin autour des séreuses vaginales. Lorsque l'épanchement siège dans une bourse séreuse vésiculaire, comme sous le deltoïde, il produit une saillie arrondie dont le volume varie avec la quantité de liquide épanché. Ce sont des kystes séreux.

Développement. — Les séreuses tendineuses, comme les synoviales, se montrent dans le tissu conjonctif embryonnaire, ou muqueux, du mésoderme, qui se creuse d'une cavité.

Parmi les nombreuses séreuses que nous venons d'énumérer, quelques-unes sont vésiculaires; la plupart sont vaginales ou engainantes, comme celles de la longue portion du biceps, de la région du carpe, du cou-de-pied, des tendons des doigts, etc.

Structure. — La structure des séreuses tendineuses et sous-musculaires varie. Il en est quelques-unes, assez rares, que l'on

doit considérer comme formées d'une membrane, ainsi qu'on peut le constater pour les séreuses situées au-dessous du psoas iliaque, du deltoïde, etc. Ailleurs, ce sont de simples surfaces.

Les séreuses engainantes, appelées aussi gaines synoviales, ne présentent de membrane que par places isolées; elles en sont dépourvues au niveau des points où le tendon et la gaine frottent l'un contre l'autre pendant le glissement. En quelques points isolés, cependant, on peut retrouver une portion de membrane, comme on le voit pour la gaine des fléchisseurs des doigts.

Cette membrane est formée de faisceaux entre-croisés de tissu conjonctif, quelquefois anastomosés, et de fibres élastiques fines. Dans les points où elle est épaisse, c'est-à-dire où le tissu conjonctif se condense, on observe de plus des cellules conjonctives parallèles aux faisceaux de tissu conjonctif. Au niveau des parties qui supportent une grande pression, le tissu qui forme la gaine, de même que celui du tendon, prend de la consistance et une structure fibro-cartilagineuse. En quelques endroits même, où la pression est énergique, sur des os, par exemple, le tissu devient tout à fait cartilagineux ; exemples : petite échancrure sciatique, gouttière du cuboïde, gouttière de la malléole externe, face postérieure du calcanéum au-dessus de l'insertion du tendon d'Achille.

On admet généralement aujourd'hui que les séreuses tendineuses possèdent un endothélium, formé de cellules plates et polygonales.

Les séreuses tendineuses, dans les points où elles sont constituées par une membrane, renferment un réseau capillaire assez serré ; les vaisseaux forment en certains points de petits prolongements analogues aux franges synoviales des articulations. On n'y a pas vu de lymphatiques ni de nerfs.

Les séreuses tendineuses servent quelquefois de conducteur à l'inflammation. C'est pour cela qu'on voit parfois le *panaris* du pouce et du petit doigt donner lieu à un phlegmon diffus de la main et de l'avant-bras, par l'intermédiaire des séreuses tendineuses de ces deux doigts, qui communiquent presque toujours avec la séreuse générale des muscles fléchisseurs que l'on trouve derrière le ligament annulaire antérieur du carpe.

Elles peuvent être froissées, dans les luxations des tendons par exemple. Leur froissement peut amener la ténosite ou un *épanchement liquide*, séreux, dû à l'irritation de la séreuse. Le rhumatisme détermine aussi le développement de liquide dans ces séreuses. Elles sont distendues et forment une saillie allongée qui suit la direction du tendon, le long duquel on peut percevoir la fluctuation. Ces collections liquides se montrent surtout dans la

gaine des péroniers latéraux, et principalement à la suite de la *luxation* de leurs tendons.

Les imprégnations par le nitrate d'argent font constater la présence d'un endothélium, parfois incomplet, sur la paroi des bourses séreuses, qu'on appelle encore bourses muqueuses.

D'où viennent ces cellules endothéliales? Une seule explication est possible. Ce sont les cellules fixes du tissu conjonctif qui ont été refoulées vers la paroi des bourses séreuses et qui sont aplaties et réunies par leurs bords, soudés au moyen d'un ciment intercellulaire. (Voy. plus loin les bourses séreuses sous-cutanées.)

4° *Séreuses sous-cutanées, bourses séreuses, bourses muqueuses.*

Les *bourses séreuses*, ou *bourses muqueuses*, sont des cavités situées dans le tissu cellulaire sous-cutané, et destinées à faciliter le glissement de la peau dans les régions où elles existent. Ce ne sont pas des membranes séreuses, mais bien des surfaces. Elles ne se montrent pas chez le fœtus en même temps que la peau, leur développement est postérieur, et la plupart ne se forment qu'après la naissance.

Les bourses séreuses se développent, d'une manière générale, sur les saillies osseuses et sur tous les points du corps soumis à des frottements répétés. Ce sont ces frottements qui en déterminent la formation; voici comment : par suite des mouvements de la peau, le tissu cellulaire sous-cutané devient plus lâche à ce niveau, et peu à peu les cloisons du tissu cellulaire qui limitent les aréoles de ce tissu finissent par céder et se déchirer. En même temps que cette déchirure s'opère, les cloisons celluleuses qui persistent sont refoulées vers la surface de la nouvelle cavité en voie de formation; elles sont condensées à ce niveau, et finissent par former à la cavité une paroi résistante.

On y observe souvent des cloisons incomplètes formées de tissu conjonctif. A première vue, cette paroi simule une membrane; mais il ne faut pas s'y méprendre : la membrane n'existe pas, il n'y a qu'une surface, qu'une paroi; cette surface de la bourse séreuse est lisse, unie et onctueuse.

Le développement des bourses muqueuses indique que les parois, formées de tissu conjonctif condensé, présentent des faisceaux superposés de tissu conjonctif, avec des fibres élastiques fines et des corpuscules de tissu conjonctif situés entre les faisceaux. Ces parois sont riches en vaisseaux sanguins, mais elles ne présentent ni vaisseaux lymphatiques ni filets nerveux. D'après Kölliker, quelques-unes seraient revêtues d'une couche d'endo-

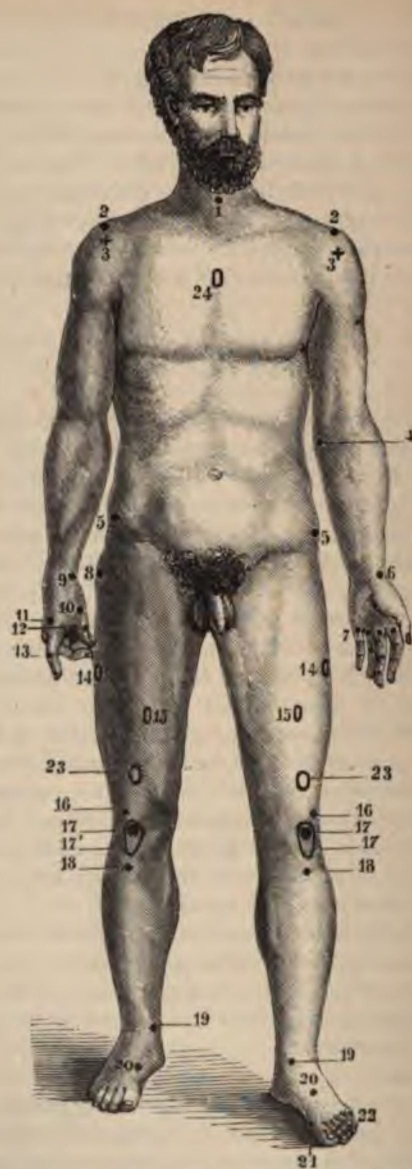


Fig. 279. — Séreuses sous-cutanées. Les points noirs indiquent les norma constantes, les cercles indiquent les anormales, et les croix les sous-m culaires.

lium à cellules polygonales, aplaties et pourvues d'un noyau,



Fig. 280. — Séreuses sous-cutanées de la partie postérieure du corps.

ns les points où il n'existe pas de fortes pressions ; mais dans les

endroits où la pression est considérable, il n'y aurait pas d'épithélium. Sur les bourses séreuses du chien, du chat et du veau, Reichert a trouvé un endothélium semblable à celui de la surface interne des vaisseaux.

Les cellules endothéliales des bourses séreuses sont formées par des corpuscules du tissu conjontif aplatis et juxtaposés par suite des frottements.

On trouve quelquefois de petits prolongements vasculaires sur les parois des grandes bourses séreuses, comme dans les synoviales.

D'après le mode de formation des bourses séreuses, il est facile de comprendre qu'elle se développeront anormalement dans quelque point du corps soumis à des frottements anormaux et répétés. On comprend aussi que certaines bourses séreuses ne se montrent point d'une manière constante chez tous les sujets.

Division. — Je divise les bourses séreuses sous-cutanées en quatre groupes. Dans le premier, je décris les bourses séreuses *normales et constantes;* dans le deuxième, les bourses séreuses *anormales;* dans le troisième, les bourses séreuses *pathologiques;* enfin, dans le quatrième, les bourses séreuses *professionnelles*. Ces dernières sont d'une grande importance pour le médecin légiste, si l'on considère surtout que généralement la peau est épaisse et calleuse au niveau des bourses séreuses professionnelles.

Le premier travail original qui ait paru sur ce sujet est une excellente thèse de Padieu, en 1839, à laquelle presque tous les auteurs ont emprunté le tableau qu'il a présenté sur les bourses séreuses, tableau fort complet pour l'époque à laquelle il a été publié. En 1862, Max. Vernois a fait connaître l'existence d'une certaine quantité de bourses professionnelles inconnues avant cette époque. Enfin, en 1865, Zoja, de Pavie, a publié une thèse de concours contenant une description détaillée et très exacte des séreuses tendineuses vésiculaires et sous-cutanées.

Un grand nombre de bourses muqueuses ont été découvertes par Béclard père et par Velpeau.

1° *Bourses séreuses, normales et constantes.*

Une bourse séreuse existe autour de la boule graisseuse de Bichat, découverte par	VERNEUIL.
Sur l'angle de la mâchoire inférieure	BÉCLARD.
Au-dessous de la symphyse du menton.	VELPEAU.
Entre l'os hyoïde et la membrane thyro-hyoïdienne	MALGAIGNE.
Sur la pomme d'Adam (fig. 1).	BÉCLARD.
Sur l'acromion (2).	BÉCLARD.
Sur l'épitrochlée (4) et fig. 280, 3, 3).	BÉCLARD.

Sur l'épicondyle.	VELPEAU.
Sur l'olécrâne (fig. 280. 4,4), découverte en 1782 par.	CAMPER.
Sur l'apophyse styloïde du radius (fig. 280, 6)	BOURGERY.
Sur l'apophyse styloïde du cubitus (fig. 280, 6, 6).	BOURGERY.
Sur la face dorsale des articulations métacarpo-phalangiennes (fig. 279, 11).	BÉCLARD.
Sur la face palmaire des articulations métacarpo-phalangiennes (fig. 280, 7)	VELPEAU.
Sur la face dorsale des articulations des phalanges entre elles (fig. 279, 13)	BÉCLARD.
Sur l'épine iliaque antéro-supérieure (fig. 279, 5, 5).	BOURGERY.
Sur le grand trochanter (fig. 279, 8, et (fig. 279,8)	BÉCLARD.
Sur l'ischion (fig. 280, 8, 8).	VELPEAU.
Sur la moitié inférieure de la rotule (fig. 279, 17. 17), découverte en 1782 par	CAMPER.
En avant de la rotule, entre l'os et l'aponévrose sous-jacente à la séreuse précédente [1].	LUSCHKA.
Sur l'angle supérieur et externe de la rotule (fig. 279, 16, 16).	PADIEU.
Sur les tubérosités des condyles du fémur.	VELPEAU.
Sur les tubérosités du tibia.	VELPEAU.
Sur la tubérosité antérieure du tibia.	(?)
Sur la crête du tibia	G. ZOJA.
Sur la tête du péroné	G. ZOJA.
Sur la malléole interne (fig. 279, 19, 19)	VELPEAU.
Sur la malléole externe (fig. 280, 14)	VELPEAU.
Sur les faces postérieure et inférieure du calcanéum (fig. 280, 18, 18)	LENOIR.
Sur la face dorsale des articulations des orteils (fig. 279, 22) .	BÉCLARD.
Sur la face plantaire de la tête du cinquième métatarsien (fig. 280, 22).	LENOIR.
Sur la face plantaire de la tête du premier métatarsien (fig. 280, 21).	LENOIR.

2° *Bourses séreuses, anormales.*

Sur l'apophyse épineuse de la septième vertèbre cervicale (fig. 280, 1)	BÉCLARD.
Au-devant de la partie convexe de la clavicule	(?)
Sur la face externe du muscle grand dorsal (fig. 280, 2). . . .	BÉCLARD.
Sur la région lombaire (fig. 280)	CRUVEILHIER.
Sur la face externe de la cuisse (fig. 279, 14, 14, et fig. 280, 10).	VELPEAU.
Sur la face antérieure de la cuisse (fig. 279, 15, 15)	VELPEAU.
Sur la face dorsale du scaphoïde du pied (fig. 279, 20, 20) . .	VELPEAU.
Sur le tubercule du scaphoïde du pied (fig. 279, 20).	VELPEAU.
Sur l'articulation tarso-métatarsienne	BRODIE.
Sur la face interne de la tête du premier métatarsien	BRODIE.
Sur l'extrémité postérieure du cinquième métatarsien (fig. 280, 16, 19).	VELPEAU.
Sur la face externe de l'extrémité antérieure du cinquième métatarsien (fig. 280, 17).	VELPEAU.

(1) *Arch. von Müller*, 1850. On trouve quelquefois au-devant de la rotule deux ou trois bourses séreuses superposées.

3° *Bourses sereuses pathologiques.*

Sur la saillie des pieds-bots.	Brodie.
Sur le moignon des amputés entre le bout de l'os et la cicatrice	(?)
Sur le sommet de la gibbosité des bossus.	(?)
Sur les hernies anciennes	Broca.
Sur les tumeurs volumineuses et anciennes	(?)
Sous les cors aux pieds	(?)
Sous les durillons des pieds et des mains.	(?)

Chez les personnes qui font de longues marches on voit souvent l'inflammation des bourses séreuses situées au-dessous des *cors*. On dit alors que le corps est enflammé. Cette inflammation qui se propage jusqu'à l'aine au moyen des lymphatiques est quel-



Fig. 281. — Cor avec une bourse séreuse sous-jacente sur une articulation d'orteil.

quefois très sérieuse. On peut le produire en coupant un cor avec un instrument qui n'a pas été bien aseptisé.

Les ouvriers qui ont des durillons aux mains les irritent souvent par des travaux pénibles. La bourse séreuse s'enflamme, l'inflammation se progage dans le tissu conjonctif ambiant et il se produit quelquefois un phlegmon diffus. On appelle cette inflammation du durillon *le durillon forcé*.

5° *Bourses séreuses professionnelles.*

Les unes se montrent sur des points du corps où il n'en existe pas normalement; les autres sont des bourses séreuses normales dont le développement est exagéré par le frottement.

A. — *Bourses séreuses professionnelles se développant dans des régions où il n'en existe pas à l'état normal*[1].

Cordonniers.	En avant de la partie inférieure de la cuisse (fig. 279, 23, 23).
Chiffonniers.	A la région lombaire, en forme de triangle.

Corroyeurs	Au coude qui porte la *marguerite*.
Doreurs sur métaux.	A la partie antérieure et interne de l'avant-bras gauche.
Frotteurs d'appartements.	Au cou-de-pied droit.
Joueurs d'orgues	Au-devant du grand trochanter droit et de la partie inférieure de la cuisse droite.
Menuisiers	Au-devant du sternum (fig. 279, 24).
Ouvriers en papiers peints	A la partie postérieure du cubitus gauche.
Portefaix.	A la face externe du grand dorsal.
Porteurs d'eau	Au bord externe et supérieur du trapèze (fig. 280, 23, 23).
Porteurs à la halle.	Au vertex.
Ramoneurs.	Au sacrum et aux deux genoux.
Scieurs de long (*ouvriers du bas*). .	Au-dessus du carpe droit sur le vertex, et au-dessus de l'articulation acromio-claviculaire gauche.
Manouvriers	Aux mains, au-dessous des durillons.

J'ai rencontré trois fois une petite bourse séreuse de chaque côté de la racine du nez chez des hommes qui portaient sans cesse un lorgnon. En général, les bourses séreuses professionnelles ont des parois épaisses par suite des mouvements fréquemment répétés. Les maladies qui les affectent se montrent beaucoup plus fréquemment chez les ouvriers, qui les irritent par les frottements. C'est pour cela que le parqueteur présente souvent un hygroma de la séreuse pré-rotulienne ; le tailleur, de la séreuse de la malléole externe, etc.

La séreuse pré-rotulienne est le plus fréquemment atteinte ; après elle, c'est la séreuse olécrânienne.

B. — *Bourses séreuses professionnelles consistant dans l'agrandissement d'une séreuse normale.*

Bijoutiers-graveurs	Des deux séreuses olécraniennes.
Bijoutiers-guillocheurs	De la séreuse olécrânienne droite seulement.
Bituminiers.	Des deux séreuses pré-rotuliennes (fig. 279, 17, 17).
Casseurs de pierres (*sur les routes*).	De la séreuse pré-rotulienne gauche (par exception).
Couvreurs	Des deux séreuses pré-rotuliennes (fig. 279, 17' 17').
Parqueteurs-raboteurs	Des deux séreuses pre-rotuliennes (fig. 279, 17', 17').
Religieuses.	Des deux séreuses pré-rotuliennes (fig. 279, 17', 17').

(1) Kœberlé (*Dict. de méd. et de chir. pratique*) décrit une bourse séreuse dans l'épaisseur des grandes lèvres, chez les femmes qui ont abusé du coït.

Tailleurs . . . . Des séreuses de la malléole externe (fig. 280, 15), de la tête du péroné et de l'extrémité postérieure du cinquième métatarsien.

Tisserands. . . . . De la séreuse de l'épine iliaque antérieure et supérieure.

Il existe aussi des *séreuses sous-musculaires* :

1° Entre le point de réunion du bord spinal et de l'épine de l'omoplate, sous un point tendineux du trapèze.

2° Entre la face profonde du deltoïde et l'articulation scapulo-humerale.

3° Entre la face profonde du grand fessier et le tendon du moyen fessier sur le grand trochanter.

4° Entre le grand fessier et l'ischion.

5° Entre le psoas iliaque et l'articulation coxo-fémorale.

Cette dernière communique quelquefois avec la synoviale de l'articulation. D'après Zoja, la communication n'aurait lieu qu'une fois sur neuf, ce qui est conforme à nos observations. Richet est assurément dans l'erreur quand il affirme que la communication est fréquente.

6° On peut encore ranger parmi les séreuses sous-musculaires le canal de Fontana, séreuse circulaire située entre la sclérotique et le muscle ciliaire.

Ces bourses séreuses peuvent devenir le siège d'épanchements et former des kystes sous-musculaires.

Quelquefois celles qui correspondent aux articulations communiquent avec la synoviale.

Les séreuses sous-cutanées sont sujettes aux inflammations, aux phlegmons.

Les bourses séreuses sous-cutanées s'enflamment assez fréquemment. Cette *inflammation* détermine l'injection, la rougeur de la paroi et une accumulation de liquide séreux, séro-sanguinolent, séro-purulent ou purulent dans la cavité.

On la reconnait à une tuméfaction douloureuse, avec chaleur et rougeur de la peau au niveau de la bourse séreuse. La fluctuation devient bientôt manifeste.

Les vésicatoires, qui réussissent ordinairement, n'épargnent pas toujours au malade l'incision par le bistouri. En songeant à la formation des bourses séreuses et à la structure de leur paroi, composée de tissu cellulaire refoulé, on comprendra que l'inflammation doit souvent se propager au tissu cellulaire voisin.

SECTION DEUXIÈME

TISSU FOURNI PAR LE FEUILLET EXTERNE DU BLASTODERME

CHAPITRE UNIQUE

TISSU NERVEUX (SYSTÈME NERVEUX)

TISSU DÉRIVÉ DU FEUILLET EXTERNE DU BLASTODERME

Il est difficile de décrire un *tissu nerveux* parce qu'il n'existe pas d'homogénéité dans les différentes parties du *système nerveux*. Quelle différence entre la structure d'un nerf, d'un ganglion ou de la substance du cerveau ! On est donc forcé de décrire séparément ces diverses parties.

Son importance. — Le système nerveux devrait être placé en tête des autres tissus, à cause de sa grande importance, parce qu'il est le plus noble, le roi des tissus, le roi de l'organisme.

Comment refuser la place principale au système nerveux lorsque tout indique sa prédominance ? Dès les premières heures qui suivent la conception, on en constate déjà l'ébauche. Rien n'est encore apparent que le système nerveux est déjà développé. Dès l'origine, il donne la vie à tout ; lorsque le muscle est apte à agir, les cylindraxes viennent se mettre en contact avec ses fibres pour leur donner la vie, car nous savons que tout muscle privé de sa fibre nerveuse est voué à une mort certaine. Comment un tissu, qui renferme les éléments de toutes les sensibilités, et de tous les mouvements, et, de plus, les éléments psychiques, qui pensent, réfléchissent, se souviennent, etc., etc., ne serait-il pas le premier parmi tous les tissus de l'organisme ?

Il n'est pas un tissu, il n'est pas une fonction, qui ne soit gouverné par le système nerveux. Il dirige, il règle, avec une grande autorité, la respiration, la circulation, la digestion, les sécrétions, etc., il régit la nutrition des organes et des tissus, même des tissus dans lesquels on ne trouve pas de filets nerveux, car, si on coupe les nerfs d'un membre, on observe une désorganisation de tous les tissus de ce membre. Le gouvernement principal se trouve dans les centres nerveux dont les nerfs sensitifs, véritables

commissionnaires, lui apportent, télégraphiquement les impressions de l'organisme tout entier. Il envoie aussi rapidement ses ordres aux organes du mouvement par les nerfs moteurs qui s'incarnent dans la substance musculaire. On voit par ces quelques mots quelle est l'importance du système nerveux et il n'est pas exagéré de dire : *quand le système nerveux va, tout va.*

Découvertes successives sur l'anatomie du système nerveux dans le cours du XIXe siècle. — A la fin du XVIIIe siècle, Vicq d'Azyr, qui mourut à Paris, en 1794, à l'âge de quarante-six ans, avait étudié le système nerveux avec les moyens d'investigation primitifs dont il disposait.

Il ne se servait pas du microscope, quoique cet instrument eut été inventé deux cents ans plus tôt par Zacharias Jansen, lunettier à Middelbourg (1590).

C'est à Reil, mort à Halle en 1813, à l'âge de cinquante-quatre ans, que commence le premier indice d'un procédé de durcissement pour l'étude du cerveau.

Jusque vers 1830, on a eu recours au *durcissement du cerveau par l'alcool* et on a procédé à son étude au moyen du couteau et de la pince.

Quoique Leeuwenhoeck eût entrevu les fibres nerveuses, les fibres musculaires et les globules du sang (1684), il faut arriver jusqu'en 1833 pour constater la découverte des fibres nerveuses par Ehrenberg, et jusqu'en 1836 pour celle des cellules nerveuses par Valentin et Purkinje. Les cellules, déjà entrevues par Remak en 1833, furent étudiées par Helmholtz, Remak (1844), etc. Ce fut Purkinje qui décrivit le premier les prolongements des cellules en 1836.

De 1840 en 1850, Remak, en Allemagne, et Ch. Robin, en France, se livrent à une étude spéciale des cellules nerveuses et mirent hors de doute leur signification.

Vers la même époque (1842), Stilling inaugura la méthode des coupes des centres nerveux en séries, après durcissement dans l'alcool. Cette méthode fut continuée par Meynert qui suivit avec la pince les faisceaux nerveux dans l'axe cérébro-spinal. Considérablement améliorée, la méthode des coupes en séries est encore suivie de nos jours.

Mais on trouva de nouveaux liquides durcissants. On employa l'acide chromique dilué et le bichromate de potasse.

En 1851, Wagner montra que, parmi les prolongements des cellules nerveuses, un seul était en rapport avec une fibre. Deiters, en 1865, confirma cette découverte pour les cellules de la corne antérieure de la moelle épinière. Gerlach étudia les prolongements des cellules et admit l'existence d'un réseau nerveux universel dans la substance grise. Mais les nouvelles méthodes d'investigation ont fait justice du *réseau nerveux* de Gerlach.

On s'est servi, et on se sert encore, pour suivre les fibres dans les centres nerveux, de la méthode de la *dégénération nerveuse* inaugurée, en 1852, par Aug. Waller (méthode Wallérienne).

Puis on eut recours aux matières colorantes. En 1858, Gerlach colora les coupes au carmin ; on eut recours ensuite aux couleurs d'aniline.

Vint ensuite la méthode de Flechsig qui consiste à poursuivre les faisceaux nerveux et leur myélinisation à des époques variables du développement embryonnaire.

C'est par le tâtonnement qu'on est parvenu à reconnaître le mode d'action des liquides durcissant sur les diverses parties du système nerveux pour les rendre propres à l'étude, et la puissance de coloration de tel ou tel réactif. L'action différente que ceux-ci exercent sur les diverses parties d'un même élément prouve la différence dans leur constitution chimique.

En fait de liquide durcissant on ne connaissait que l'alcool il y a seulement

une quarantaine d'années. En fait de liquide colorant on ne connaissait que le carmin indiqué par Gerlach (1858).

Nous sommes riches aujourd'hui en liquides durcissants et colorants. Je vais les passer rapidement en revue.

I. — Liquides durcissants

On a remplacé l'alcool par des solutions de bichromate de potasse ou de bichromate d'ammoniaque.

Nous possédons trois formules désignées sous le nom de liquide de Müller, liquide d'Erlicki et liquide de Fol.

1° **Liquide de Müller.** — Il consiste dans une solution aqueuse de bichromate de potasse, et de sulfate de soude : sulfate de soude, 10 grammes; bichromate de potasse, 20 grammes; eau de pluie ou eau distillée, 1 000 grammes, ou un litre.

2° **Liquide d'Erlicki.** — Il durcit plus rapidement. Il suffit de huit à dix jours pour durcir une moelle épinière à froid, quatre à cinq jours à chaud (40°). C'est une solution aqueuse de bichromate de potasse et de sulfate de cuivre : sulfate de cuivre, 1 gramme; bichromate de potasse, 5 grammes; eau, 200 grammes.

3° **Liquide de Fol.** — Ce liquide durcit les petits fragments de tissu nerveux, les nerfs et les ganglions. C'est une solution aqueuse de trois acides, acétique, chromique et osmique : eau distillée 680 volumes; solution d'acide acétique à 2 p. 100, 80 volumes; solution d'acide chromique à 1 p. 100, 250 volumes; solution d'acide osmique à 1 p. 100, 20 volumes. Mêler.

II. — Liquides colorants

Lorsque les différentes parties du système nerveux que l'on veut examiner sont suffisamment durcies, on peut y faire des coupes. On colore ces dernières, ou des fragments de tissu nerveux, avec un liquide colorant. Les formules de liquides cololorants son très variées, chaque auteur ayant adopté une formule particulière.

A. — **Procédés de coloration des fibres nerveuses.** — On peut colorer les fibres par les procédés de Weigert, de Pal ou de Vassale.

1° *Procédé de Weigert.* — On prend des pièces durcies au bichromate, on les déshydrate dans l'alcool à 90° pendant une heure. Puis on les plonge dans le mélange suivant : eau, 90 grammes; alcool à 90°, 10 grammes; hématoxyline 1 gramme.

On chauffe dans une capsule jusqu'à ébullition, on laisse refroidir et on ajoute 1 gramme de solution de carbonate de lithine au centième.

Après douze heures de séjour dans ce liquide en été, vingt-quatre heures en hiver, les coupes sont d'un noir intense.

Il faut les décolorer en les laissant tremper pendant quatre à cinq jours dans une solution composée de 100 grammes d'eau distillée, 2 grammes de borate de soude et 2 gr. 50 de ferro-cyanure de potassium.

Après ces manipulations, les fibres à myéline sont d'un noir bleuâtre, le reste du tissu ayant pris une teinte ocre.

Ce procédé est précieux en ce sens que la coloration des fibres nerveuses varie d'intensité selon le système de fibres qu'on a traité; ceci prouve encore une fois, que toutes les fibres nerveuses n'ont pas la même composition chimique.

2° *Procédé de Pal.* — On traite les pièces comme dans le procédé précédent, mais en les sortant de l'hématoxyline on les lave à l'eau distillée et on les place pendant deux à quatre minutes dans une solution de permanganate de potasse à 1 p. 400. Lorsque la substance grise se détache nettement en brun sur la coupe, qui est noire, on les lave de nouveau et on les plonge pendant une à trois minutes dans une solution contenant un gramme d'acide oxalique et un gramme de sulfite de soude pour 200 grammes d'eau distillée. On lave de nouveau et on constate que les fibres à myéline sont seules colorées.

3° *Procédé de Vassale.* — C'est une variante de celui de Weigert qui est rendu plus rapide. On plonge les pièces dans une solution très chaude d'hématoxyline au centième. On les lave ensuite et on les plonge pendant quatre minutes dans une solution saturée d'acétate neutre de cuivre. Puis on les lave de nouveau et on les plonge dans la solution décolorante de Weigert au borate de soude et au ferro-cyanure de potassium.

B. — **Procédés de coloration de la substance grise.** — 1° Le *carmin ammoniacal* de Ranvier colore en rouge les noyaux, les cellules et leurs prolongements, les cloisons conjonctives et les tuniques des vaisseaux; en rose pâle la charpente et la névroglie, et en blanc jaunâtre les gaines de myéline.

Pour préparer le carmin ammoniacal, on broie 1 gramme de poudre de carmin avec 2 ou 3 grammes d'eau à laquelle on ajoute 1 gramme d'ammoniaque liquide. Après dissolution du carmin, on ajoute 100 grammes d'eau distillée et on chauffe pour enlever l'excès d'ammoniaque.

On verse de cette solution dans l'eau distillée jusqu'à ce qu'on ait atteint la couleur fleur de pêcher.

2° *Solution colorant les noyaux avec intensité :* on l'appelle *carmin borax.* Carmin, 1; borate de soude, 4; eau, 200. Chauffer jusqu'à ébullition, ajouter goutte à goutte une solution d'acide acétique à 5 p. 100 jusqu'à coloration rouge intense. Décanter après refroidissement et filtrer. On dépose les pièces dans ce liquide jusqu'à coloration suffisante; puis on décolore certaines parties en plongeant les pièces, qu'on surveille avec soin, dans la solution suivante : eau, 30; alcool, 70; acide chlorhydrique, 1.

3° Le *carmin aluné* de Greenacher sert également. C'est une solution d'alun à 5 p. 100 à laquelle on mêle 1 gramme de carmin par 100 grammes de solution.

4° Il en est de même du *carmin lithiné* de Orth.

5° L'*hématoxyline* (Boehmer), l'*aniline blue-black* (Jelgersma), la *nigrosine* Luys et Gaule), le brun de Bismarck sont également employés.

Nous avons encore le procédé de Nissl à la fuchsine et celui d'Ehrlich au bleu de méthylène.

L'*acide osmique*, introduit par Max Schultze, est fréquemment employé par Ranvier et Renaut; il colore en noir la myéline et les matières grasses. Bellinei et Exner l'emploient également.

Marchi et Alghieri se servent d'un mélange de liquide de Muller, 200 grammes avec 100 grammes de solution d'acide osmique au centième.

Freud emploie le *chlorure d'or*.

Golgi se sert de *sublimé*, de *nitrate d'argent*, d'*acide osmique* et de *bichromate de potasse*. Ramon y Cajal et Van Gehuchten se servent des solutions de Golgi.

Etat actuel. — Grâce aux nouvelles méthodes d'investigation du professeur Golgi (de Pavie) de Nissl, d'Ehrlich, et aux travaux d'un grand nombre d'histologistes, de van Gehuchten et de Ramon y Cajal en particulier, il s'est opéré depuis une dizaine d'années, un bouleversement complet dans l'étude du système nerveux.

On peut dire aujourd'hui que grâce à ces nouvelles méthodes, nous connaissons complètement les deux éléments fondamentaux du système nerveux, la *cellule* et la *fibre*. Avant de les décrire, je dirai quelques mots des méthode de Golgi, d'Ehrlich et de Nissl.

Méthode de Golgi, 1871. — Golgi a découvert le fait suivant : les cellules nerveuses et leurs prolongements prennent une belle teinte noire lorsqu'elles sont traitées par les sels d'argent. Sa méthode consiste à traiter successivement le tissu nerveux par une solution de bichromate de potasse ou de bichlorure de mercure, et ensuite par une solution de nitrate d'argent. La coloration noire des éléments nerveux est due à la précipitation du chromate d'argent et du chlorure d'argent qui se fixent d'une manière définitive sur les cellules.

Bichromate de potasse. . . .	12	grammes
Acide osmique	1	—
Eau distillée.	400	—
M.		

Après immersion (pendant trois ou quatre jours) de fragments de tissu nerveux dans ce liquide, on les lave dans l'eau distillée et on les plonge pendant quarante-huit heures dans le liquide argentique.

Nitrate d'argent crist. . .	3	grammes
Eau distillée.	400	—
M.		

On enrobe les fragments durcis et on fait des coupes au microtome. Par ce procédé, on colore en noir tous les éléments nerveux dépourvus de myéline. Pour colorer les fibres nerveuses de l'axe spinal, il faut prendre des embryons dont les fibres nerveuses ne possèdent pas encore de myéline.

Méthode d'Ehrlich, 1886. — Ehrlich a découvert que le bleu de méthylène colore les éléments nerveux à l'exclusion des autres. On injecte dans les artères d'un animal sacrifié une solution assez concentrée de bleu de méthylène. Dès que les tissus injectés arrivent au contact de l'air, ils prennent une belle coloration bleue qui ne dure, malheureusement, qu'un quart d'heure environ. On obtient la même coloration en laissant s'imbiber dans cette même solution des fragments de tissu nerveux d'un animal récemment tué.

Méthode de Nissl, 1885. — On durcit pendant quelques jours, dans de l'alcool rectifié, de petits cubes de tissu nerveux. On fait des coupes excessivement minces qu'on place dans une solution de bleu de méthylène. On chauffe jusqu'à ce que des bulles d'air éclatent à la surface du liquide, 70 degrés centigrades. Les coupes sont ensuite placées dans un mélange d'alcool et

d'huile d'aniline. Transportées sur le porte-objet, elles sont séchées avec du papier sans colle et éclaircies avec un peu d'huile de cajeput. Cette méthode a été légèrement modifiée par Van Gehuchten.

Solution colorante de Nissl.

Bleu de méthylène B.	7 gr. 50
Savon de Venise	3 gr. 50
Eau distillée	2 litres.

Solution pour le lavage des coupes colorées.

Alcool à 96°.	180 grammes
Huile d'aniline.	20 grammes

Comme je le disais plus haut, ces découvertes dans la technique ont révolutionné l'anatomie et la physiologie du système nerveux. Elles ont été contrôlées et adoptées par les savants de tous les pays. On peut dire qu'elles ont rendu depuis dix ans plus de services que toutes les autres parties de la technique microscopique (Van Gehuchten).

Moyens d'étude. Fibres. — Les solutions d'acide osmique conviennent plus particulièrement à l'étude des *fibres nerveuses*.

L'alcool, quelquefois employé dans la préparation des fibres nerveuses permet au picro-carminate d'ammoniaque de colorer en rouge les noyaux de la gaîne de Schwann.

Cellules. — Quel que soit le réactif employé, il faut toujours dissocier les fibres avec des aiguilles très fines.

Dans l'étude des *cellules nerveuses*, c'est au liquide de Müller et aux solutions d'acide chromique qu'il faut donner la préférence. Ces réactifs ont, en effet, l'avantage de fixer très nettement les parties constituantes de la cellule nerveuse ; mais ils ont l'inconvénient de teinter fortement en jaune les tissus qu'on étudie, aussi faut-il avoir soin de soumettre ceux-ci à des lavages prolongés dans l'eau pour pouvoir les colorer. Le mieux est de recueillir un petit fragment des cornes antérieures de la moelle, qui sont riches en cellules nerveuses et de l'agiter un certain temps dans un tube à essai contenant une solution étendue de picro-carmin : après vingt-quatre heures, il se dépose au fond du vase un magma dans lequel il est facile de retrouver de belles cellules nerveuses avec leurs prolongements (procédé de Ranvier).

Unité du système nerveux. — On distinguait autrefois deux systèmes nerveux, celui *de la vie animale*, formé des centres nerveux et des nerfs blancs, et celui *de la vie organique*, c'est-à-dire le grand sympathique, nerfs gris.

On croyait ce dernier complètement indépendant. Il n'en est rien, et les nerfs sympathiques procèdent des centres nerveux comme tous les nerfs de la vie animale. L'origine de leurs racines est exactement la même que celles des nerfs blancs, et ces racines

sont échelonnées le long de la moelle épinière comme celles des nerfs rachidiens.

Il ne faut, toutefois, rien exagérer. Malgré les nombreuses racines que les centres nerveux fournissent aux nerfs sympathiques, il faut reconnaître que les nombreux ganglions de ces nerfs jouent un certain rôle, encore mal défini, comme centres nerveux spéciaux.

Ils présentent cependant certains caractères distinctifs : au lieu d'être blancs ils sont gris ; leurs fibres diffèrent de celles des nerfs blancs, ce sont en majorité des fibres sans myéline, ou fibres de Remak ; leurs fibres motrices se rendent aux muscles lisses dont la contraction est lente et involontaire ; leurs ramifications présentent sur leur trajet une quantité considérable de ganglions ; leur sensibilité est obtuse ; enfin ils exercent leur influence dans le silence, et pour ainsi dire dans l'ombre, sur les parois vasculaires dont ils règlent les contractions, et dans l'épaisseur des glandes dont ils régularisent la sécrétion.

Pour affirmer la séparation du système nerveux de la vie animale de celui de la vie organique, quelques auteurs se fondent sur le fait qu'on peut détruire le système cérébro-spinal d'une grenouille sans suspendre les fonctions des organes innervés par le grand sympathique ; le cœur continue à battre, l'intestin et les parois vasculaires à se contracter. Mais l'homme n'est pas une grenouille et cette expérience serait suivie chez lui d'un résultat désastreux.

Division. — Je décrirai dans ce chapitre toutes les parties du système nerveux, excepté les nerfs en particulier, qui seront décrits dans le deuxième volume. En premier lieu, nous étudierons les éléments fondamentaux, essentiels, du système nerveux, la *cellule nerveuse* et la *fibre nerveuse*. Viendront ensuite dans autant d'articles distincts, les *nerfs blancs* en général, les *ganglions nerveux*, les *nerfs gris*, les *neurones*, la *moelle épinière* et enfin l'*encéphale*.

ARTICLE PREMIER

CELLULES NERVEUSES

Les cellules nerveuses appelées aussi *globules nerveux* ou *cellules ganglionnaires* (1) constituent l'élément anatomique le plus

(1) L'expression *cellule ganglionnaire* prête à confusion. Je déclare donc, une fois pour toutes, que ce terme ne sera employé que pour les ganglions.

hautement différencié de l'organisme. Très répandues dans la substance grise des centres nerveux, elles sont comparables à de petites piles électriques dont le fluide (1) parcourt avec une extrême rapidité les divers prolongements.

Siège des cellules nerveuses. — Les cellules nerveuses, entrevues en 1684 par Leeuwenhoeck et découvertes par Valentin, en 1836, se rencontrent dans les centres nerveux, dans les ganglions nerveux, vers les extrémité terminales de quelques nerfs et sur le trajet des nerfs sympathiques.

Dans les *centres nerveux* elles forment la plus grande partie de la substance grise.

Les *ganglions nerveux* sont formés par une agglomération de cellules nerveuses sur le trajet des nerfs.

Les *nerfs sensoriels* se font surtout remarquer par la présence de cellules nerveuses sur leurs *extrémités terminales* (n. olfactif, n. optique, n. auditif).

(1) *Courant nerveux.* — On n'a pas encore défini ce qu'est le *courant nerveux*. On l'a appelé fluide nerveux, influx neryeux, agent nerveux, mouvement nerveux, onde nerveuse. On l'a comparé au courant électrique (Beaunis). On s'accorde aujourd'hui à dire que l'élément nerveux en fonction est le siège d'une *vibration moléculaire* qui se propage en proche.

La *vitesse* du courant nerveux est de 30 mètres par seconde pour les nerfs moteurs, et de 60 pour les sensitifs. Le courant nerveux s'accroît à mesure qu'il se transmet, c'est-à-dire que si on excite d'une manière identique deux points distincts d'un nerf moteur, l'excitation du point le plus éloigné produit une contraction musculaire plus forte que celle du point le plus rapproché. On dit alors que le *courant fait boule de neige.* (L'électricité parcourt 422 millions de mètres par seconde).

La vitesse du courant nerveux est ralentie par l'abaissement de la température ; sur un nerf de grenouille refroidi à 0°, on constate que cette vitesse n'est plus que de 3 mètres par seconde au lieu de 12 mètres (Helmholtz).

Est-ce un courant électrique ? — Je suis tout disposé à comparer le courant nerveux à un courant électrique ; l'objection de la vitesse beaucoup plus grande du courant électrique n'est pas sérieuse ; il suffit d'admettre qu'il s'agit ici d'un courant électrique d'une nature particulière. Il existe dans les nerfs, à l'état de repos, des courants qui les parcourent sans cesse et se comportent comme si les nerfs étaient composés d'une gaine positive et d'un centre négatif. On prouve la force *électro-motrice* des nerfs en établissant, à l'aide des fils d'un multiplicateur, une communication entre la surface extérieure du nerf et la surface de sa section. Le courant se porte de la périphérie vers le centre. Dès que la fibre nerveuse fonctionne, la force électromotrice disparaît ou s'affaiblit considérablement.

Fluide magnétique. — N'est-il pas admis, du reste, que le corps humain est recouvert d'une couche de fluide nerveux, avec attraction et répulsion pour le fluide nerveux d'individus différents ? Quand on étudie de près les phénomènes nerveux, on croit à ce fluide qui environne le corps de l'homme et on se sent prêt à ajouter foi aux émanations de ce *fluide magnétique* par les extrémités des doigts, par le regard et par le souffle.

D'innombrables cellules nerveuses se rencontrent sur le trajet des branches terminales des nerfs sympathiques.

Forme des cellules nerveuses. — Ce qui caractérise les cellules nerveuses, c'est la présence de prolongements divers qui en émanent. D'après leur nombre, on distingue les cellules en multipolaires, bipolaires et unipolaires, et même apolaires.

Cellules multipolaires. — Elles fournissent un grand nombre de prolongements.

La substance grise du cerveau, du cervelet et de la moelle épinière est presque entièrement formée de cellules multipolaires.



Fig. 282. — Cellule multipolaire de la corne antérieure de la moelle d'un bœuf.

a, corps de la cellule et noyau. — *b*, microsomes entourant le noyau. — *c*, *c*, *c*, prolongements protoplasmiques (dendrites). On voit le cylindraxe à la partie supérieure de la cellule et trois cellules lymphatiques dans la préparation.

Dans le cerveau, on leur donne le nom de *cellules pyramidales* ou *cellules géantes*, à cause de leur forme et de leur grand volume (fig. 285). Dans la substance grise du cervelet on les nomme *cellules en bois de cerf* à cause de la disposition de leurs prolongements (fig. 290).

Lorsque les cellules multipolaires n'ont que trois prolongements, elles ont une forme triangulaire.

Cellules bipolaires. — Ces cellules sont fusiformes, puisqu'elles n'ont que deux prolongements, l'un central, l'autre périphérique. On les rencontre principalement dans les ganglions rachidiens de

l'embryon des mammifères, mais elles se modifient pour la plupart et prennent l'apparence de cellules unipolaires.

Des cellules bipolaires nettes se rencontrent encore dans les

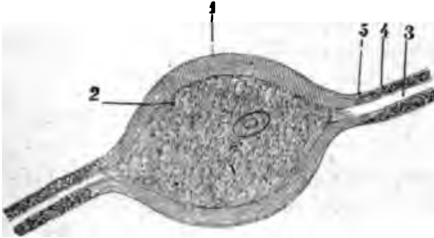


Fig. 283. — Cellule bipolaire d'un ganglion du brochet (gross. 350) (d'après Kölliker).

1, capsule. — 2, protoplasma de la cellule. — 3, cylindraxe. — 4, 5, enveloppe.

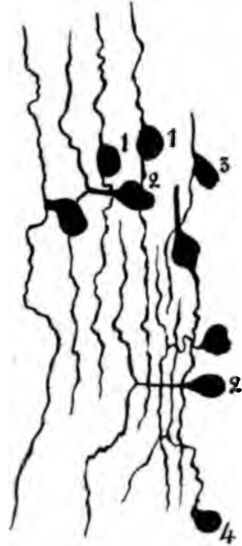


Fig. 284. — Transformation des cellules bipolaires en cellules unipolaires dans le ganglion de Gasser d'un embryon de cobaye (van Gehuchten.)

1, 1, cellules bipolaires. — 2, leur transformation en unipolaires. — 3, cellule dont les deux pôles sont près de s'unir. — 4, cellule unipolaire dont la division en T est très éloignée.

ramifications du nerf olfactif, dans la rétine, dans le ganglion spiral et dans le ganglion de Scarpa du nerf acoustique.

Cellules unipolaires. — Il faut distinguer deux espèces de cellules unipolaires. Celles des ganglions nerveux des mammifères, et les cellules unipolaires des centres nerveux.

Dans les ganglions rachidiens, on voit un seul prolongement de la cellule nerveuse. Mais ce prolongement unique, qui fait de la cellule une cellule unipolaire, est en réalité double. Par suite de l'évolution du corps de la cellule qui se développe d'un seul côté, les deux prolongements se trouvent rapprochés ; ils partent du même point de la cellule, se juxtaposent et forment un filament unique pendant un trajet plus ou moins long ; mais ils se séparent bientôt comme les branches d'un T et se dirigent l'un vers la périphérie, l'autre vers le centre. De sorte que les cellules, en apparence unipolaires, sont véritablement des cellules bipolaires (découverte de Ranvier).

Par la méthode de Golgi, on est parvenu récemment à démontrer l'existence de cellules unipolaires dans les centres nerveux. N'ayant qu'un prolongement, elles ont la forme de raquettes. L'unique prolongement est un *cylindraxe* ou *prolongement ner-*

veux de la cellule. Ces cellules sont dépourvues de prolongements protoplasmiques. L'articulation de ces cellules entre elles se ferait par le seul contact des prolongements protoplasmiques des cellules du voisinage (1).

Des *cellules apolaires*, c'est-à-dire sans prolongements ont été décrites. Robin les appelait *myélocytes*. On ne connaît, en fait de cellules apolaires, que des cellules nerveuses embryonnaires, incomplètement développées, *neuroblastes*, *noyaux à queue*, ou bien des cellules dont les prolongements se sont brisés dans les préparations. On les a décrites dans le cerveau et le cervelet sous le nom de *grains*; mais aujourd'hui, grâce à la méthode de Golgi, on a constaté que ces grains ont des prolongements. Ils mesurent 6 μ.

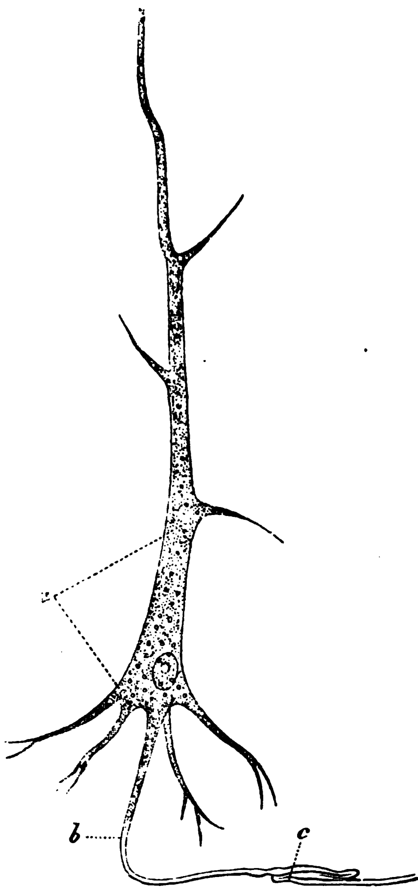


Fig. 285. — Cellule pyramidale géante des centres moteurs des circonvolutions.
a, corps de la cellule. — *b*, *c*, cylindraxe.

Dimensions des cellules nerveuses. — La dimension des cellules nerveuses varie depuis 9 μ jusqu'à 140 μ, 50 μ en moyenne. Les plus petites (cellules d'origine des nerfs crâniens les plus courts) dépassent à peine les dimensions d'un globule sanguin, tandis que les plus volumineuses (cellules de la corne antérieure de la moelle lombaire) sont visibles à l'œil nu, semblables à de petits grains de pouss ière.

(1) Ramon y Cajal admet l'existence de cellules sans cylindraxe auxquelles il a donné le nom de *cellules anacrines;* Dogiel a décrit des cellules analogues dans la rétine (grains sans cylindre-axe). Quoique dépourvue de cy-

On trouve des cellules nerveuses énormes, parfaitement visibles à l'œil nu dans les ganglions rachidiens des grenouilles.

Pierret (*Acad. des Sc.*, 3 juin 1878) a établi la loi suivante qui peut être formulée ainsi :

Les dimensions des cellules *motrices* ou *sensitives* des centres nerveux sont, *chez l'homme*, en raison *directe* de la distance qui les sépare du centre *cérébral* et de l'organe *périphérique* qu'elles innervent ; ou d'une manière plus générale :

Les dimensions des cellules nerveuses sont en raison directe des distances que doivent parcourir les incitations motrices qui en partent et les excitations qui y arrivent.

1° *Les plus grosses cellules motrices* sont celles de la corne antérieure de la région lombaire de la moelle, et les cellules motrices pyramidales des régions motrices des circonvolutions; le grand sciatique, qui naît des premières, présente en effet des fibres d'une longueur considérable et les cellules qui lui donnent naissance sont très éloignées du cerveau. Les cellules des petits nerfs moteurs de la tête sont très petites parce que leurs nerfs ont peu de longueur et qu'elles sont très rapprochées du cerveau.

2° *Les plus grosses cellules sensitives* sont situées dans la colonne de Clarke, car elles reçoivent les fibres sensitives du membre inférieur et elles sont très éloignées des lobes cérébraux. Les cellules du noyau du trijumeau sont plus petites que celles des colonnes de Clarke. Plus petites encore celles du nerf optique, plus encore celles du nerf olfactif, et plus encore celles du nerf auditif qui est le plus court et le plus rapproché du cerveau.

Couleur des cellules nerveuses. — Les cellules nerveuses ont une couleur grisâtre. Ce sont elles qui donnent à la substance grise sa couleur. Elle est due aux granulations pigmentaires contenues dans les cellules. Ces granulations pigmentaires sont plus abondantes chez les vieillards et dans quelques régions, comme le *locus niger* de Vicq d'Azyr dans le pédoncule cérébral, et le *locus cœruleus* sur le plancher du quatrième ventricule. Elles prennent quelquefois une teinte rouillée comme dans l'olive ou corps rhomboïdal du cervelet. Dans quelques cellules on trouve des granulations de couleur rougeâtre (noyau rouge de Stilling).

lindraxe, une cellule anacrine est en relation avec plusieurs neurones par le nombre d'appuis adhésifs que contractent ses prolongements protoplasmiques. On peut donc les considérer comme des cellules nerveuses interstitielles.

§ 1. — PROLONGEMENTS DES CELLULES NERVEUSES

Les *cellules nerveuses multipolaires* émettent deux sortes de prolongements, l'un appelé *prolongement cylindraxile* qui forme l'axe des fibres nerveuses, ainsi que l'a établi Rud. Wagner en 1851, les autres connus sous le nom de *prolongements protoplasmiques, ou dendrites.*

Les *cellules nerveuses bipolaires* des ganglions, ou les *cellules unipolaires* se divisant en T, n'ont que deux prolongements, l'un périphérique, qui n'est en réalité qu'un prolongement protoplasmique, l'autre, central, plus fin, véritable cylindraxe. Ce dernier unit la cellule des ganglions à la moelle.

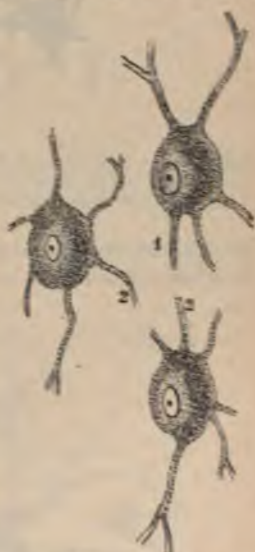


Fig. 286. — Trois cellules nerveuses du cerveau avec leur noyau d'apparence vésiculeuse et des granulations pigmentaires.

1, 2, 3, cylindraxes. Les autres prolongements sont protoplasmiques.

Prolongements protoplasmiques. — On donne ce nom à tous les prolongements des cellules multipolaires qui ne sont pas le cylindraxe. Ils prennent naissance sur le protoplasma des cellules par une base d'implantation de forme conique et ils se ramifient à la manière des branches d'un arbre, d'où le nom de *dendrites* donné, par His, à ces arborisations (de δενδρον, arbre). Dans les cellules multipolaires des cornes antérieures de la moelle, les prolongements protoplasmiques naissent à la partie postérieure et sur les côtés des cellules, le cylindraxe partant de la partie antérieure. Dans les cellules pyramidales du cerveau, ils prennent naissance sur les parties latérales et au sommet de la cellule, tandis que le cylindraxe naît de la base, qui regarde le centre du cerveau ; enfin les cellules multipolaires, en bois de cerf, ou cellules de Purkinje, du cervelet, émettent les dendrites par le côté de la cellule qui regarde la surface du cervelet.

Ramifications. — Les prolongements protoplasmiques n'ont pas une suface régulière ; ils sont bosselés, noueux, comme variqueux, surtout dans les cellules motrices de la substance grise du cerveau et du cervelet. Ils ne s'anastomosent jamais, ils se rami-

fient jusqu'à former des filaments extrêmement grêles qui viennent



Fig. 287. — Articulation par contact entre les prolongements protoplasmiques de deux cellules nerveuses. Ces cellules viennent de la colonne de Clarke, de la moelle d'un enfant de sept ans (d'après Van Gehuchten).

au contact des prolongements des cellules voisines, de sorte que la transmission de l'ébranlement nerveux d'une cellule à l'autre



Fig. 288. — Cellules nerveuses et prolongements.

1, cellule multipolaire avec ses prolongements cylindraxile et protoplasmiques ramifiés. — 2, cellule bipolaire des ganglions. — 3, 3, cellules multipolaires de la substance corticale du cerveau. — 4, 4, cellules de la corne postérieure de la substance grise de la moelle. — 5, ramifications protoplasmiques.

se fait par contact et non par fusion de ces prolongements.

Gerlach a décrit un *réseau nerveux* formé par les *anastomoses*

des prolongements protoplasmiques. Or, les recherches récentes ont fait justice du *réseau de Gerlach* qui a été admis pendant un grand nombre d'années par tous les auteurs.

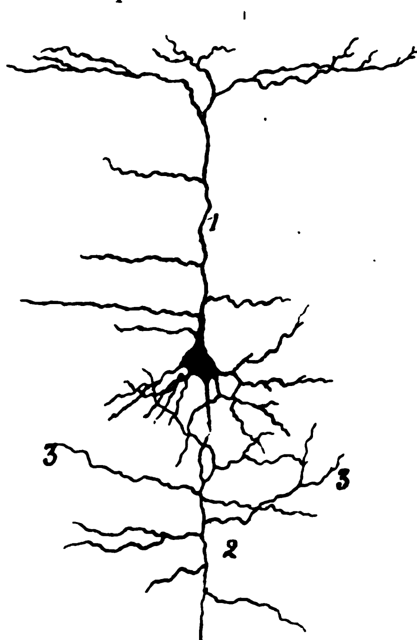


Fig. 289. — Cellule nerveuse multipolaire et ses prolongements prise dans l'écorce cérébrale d'une souris blanche après neuf jours (d'après Van Gehuchten).

1, prolongements protoplasmiques et leurs ramifications. — 2, cylindraxe. — 3, branches collatérales du cylindraxe.

Structure. — Les prolongements protoplasmiques sont composés de fibrilles faisant suite aux fibrilles du protoplasma des cellules. La division des prolongements résulte de la séparation de ces fibrilles.

Conduction. — L'ébranlement nerveux qui se communique d'une cellule à une autre cellule se produit uniquement par le contact des prolongements et non par leurs anastomoses.

Il est à noter que dans les prolongements protoplasmiques des cellules motrices, l'ébranlement nerveux, la transmission des ondes nerveuses, se fait des extrémités terminales vers la cellule (conduction cellulipète) ; dans les prolongements cylindraxiles, la conduction est *cellulifuge*.

Le contact qui s'opère entre les prolongements protoplasmiques des diverses cellules a reçu de Ramon y Cajal le nom si juste d'*articulation des neurones* (1).

Les prolongements protoplasmiques, aussi bien que le prolongement cylindraxile, sont considérés aujourd'hui comme étant de *nature nerveuse*.

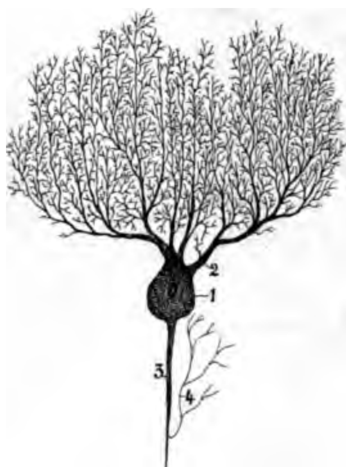


Fig. 290. — Cellule de Purkinje du cervelet de l'homme, dite en bois de cerf, préparée par la méthode de Golgi. Ramifications indéfinies.

1, corps cellulaire. — 2, dendrites en bois de cerf dirigées vers la surface du cervelet. — 3, cylindraxe. — 4, branche collatérale du cylindraxe et ses ramifications.

Etant donné que le cylindraxe, à conduction cellulipète des fibres sensitives, est considéré comme un filament protoplasmique, on peut dire que *tous les prolongements protoplasmiques sont des conducteurs cellulipètes*, apportant à leur cellule d'origine l'onde nerveuse.

Par contre, tout prolongement cylindraxile des fibres motrices aura la *conduction cellulifuge;* il ne recevra jamais l'ébranlement nerveux de la cellule d'un neurone voisin, mais toujours de sa cellule d'origine.

Terminaison. — La terminaison ultime des prolongements protoplasmiques n'est pas connue ; ils sont toujours brisés dans les préparations microscopiques, à ce qu'affirme Renaut, et on ne constate jamais sur les extrémités des prolongements protoplasmiques de l'adulte, les formes qu'on rencontre dans les cellules en voie d'évolution chez l'embryon, c'est-à-dire des extrémités arrondies, en forme de bouton ou de spatule.

Prolongement cylindraxile. — (Voir *Fibres nerveuses*.)

Variétés de cellules nerveuses. — D'après le mode d'origine et de ramification de leur cylindraxe, on distingue trois espèces de

(1) Nous verrons plus loin que le *neurone* est une unité anatomique formée d'une cellule nerveuse avec son cylindraxe et ses prolongements protoplasmiques.

cellules : la cellule de Deiters, la cellule de Golgi et la cellule de Cajal.

La *cellule de Deiters* possède un cylindraxe unique, plus ou moins long. Il donne naissance à des collatérales, et il naît tou-



Fig. 291. — Cellule nerveuse, type de Golgi, à cylindreaxe court. On voit en haut les prolongements protoplasmiques et en bas les fines ramifications du cylindreaxe court.

Cette cellule, à cylindreaxe court, a été prise dans la couche granuleuse du cervelet d'un chat âgé de huit jours (d'après Van Gehuchten).

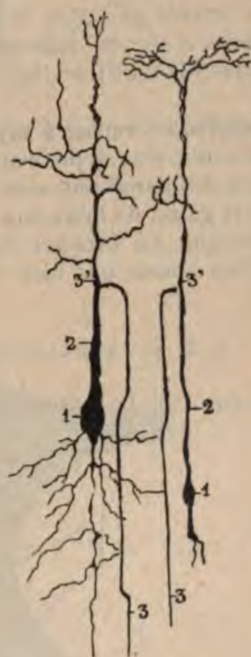


Fig. 292. — Cylindreaxe de deux cellules nerveuses naissant d'un prolongement protoplasmique (cellule de Cajal).

1, corps de cellule. — 2, prolongement protoplasmique principal. — 3, prolongement cylindraxile provenant du protoplasmique. — 3', 3', ramifications des dendrites.

jours du corps cellulaire par un cône d'origine. Les cellules de Deiters présentent les formes les plus variées.

La *cellule de Golgi*, comme la précédente, offre un cylindreaxe unique naissant directement d'un cône cellulaire, mais il est *très court* et se divise en ramifications nombreuses à l'intérieur même de la substance grise. On rencontre ces cellules en abondance dans la corne postérieure et dans la substance gélatineuse de Rolando,

et disséminées dans toute l'étendue de la substance grise (fig. 291).

On donne à ces cellules le nom de cellules du type II, pour les distinguer de cellules de Golgi, type I. Ces dernières ont un cylindreaxe plus ou moins *long ;* il fournit des collatérales et il se divise en T.

La *cellule de Cajal* se distingue en ce que le cylindreaxe naît toujours d'un prolongement protoplasmique. Ce cylindreaxe est quelquefois multiple (fig. 292).

Cellules nerveuses à myéline. — Les cellules des centres nerveux sont nues, dépourvues de toute enveloppe : les cellules nerveuses des ganglions sont entourées d'une *capsule* se continuant avec la gaine de Schwann. Max Schultze a découvert dans le nerf acoustique du brochet des cellules entourées d'une couche de myéline comme une fibre nerveuse.

§ 2. — STRUCTURE DES CELLULES NERVEUSES

Noyau. — La cellule nerveuse des centres nerveux est une

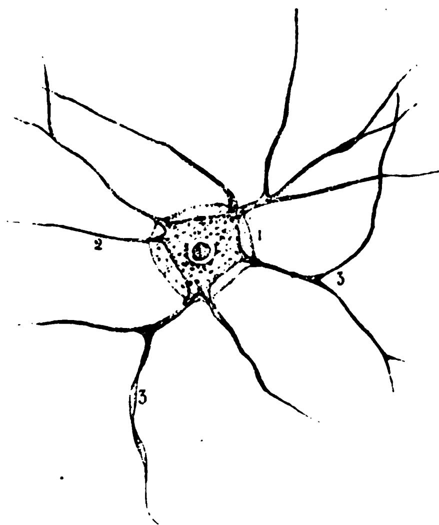
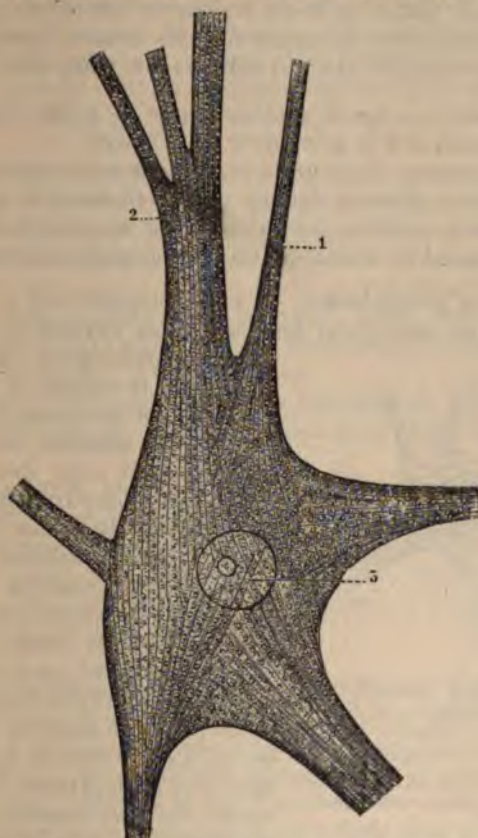


Fig. 293. — Capsule d'une cellule multipolaire *anacrine*, venant de la rétine du lapin (d'après Renaut).

1, capsule. — 2, 3, 3, prolongements protoplasmiques.

petite masse de protoplasma nu, sans enveloppe par consé-

t (1), contenant un *noyau* rond, central, de 3 à 15 μ, qui
t entouré d'une membrane distincte. On trouve dans le noyau



4. — Structure fibrillaire du protoplasma d'une cellule nerveuse de la corne antérieure de la moelle d'un veau (d'après M. Schultze.)
1, cylindreaxe. — 2, prolongements protoplasmiques. — 3, nucléole et noyau.

à 5 nucléoles mesurant de 1 à 5 μ en moyenne. Le mitome
yau est épais et court, et le suc nucléaire est très abondant.

enaut, cependant, décrit une *capsule* autour des cellules nerveuses. Il l'a
tée sur les cellules nerveuses multipolaires de la rétine, étudiée sur le
, et il suppose que cette capsule doit exister sur toutes les cellules ner-
. Très élastique, elle est traversée par les prolongements protoplas-
et par le cône d'émergence du cylindreaxe. Il ne serait pas éloigné de
que la capsule est un réservoir du plasma interstitiel ambiant *que la*
e absorberait et enverrait dans ses prolongements.

Le mitome du noyau ne se laisse pas colorer par la purpurine, mais l'hématéine et l'hématoxyline lui donnent une faible teinte de bleu de lin, tandis qu'il est fortement coloré en rouge par le carmin. Ces caractères du noyau sont les mêmes dans les cellules des centres nerveux et dans les cellules des ganglions.

Protoplasma. — Le *protoplasma* de la cellule est différent autour du noyau et à la périphérie de la cellule.

Autour du noyau, il est granuleux et les microsomes sont disposés sans ordre. Plus en dehors, à égale distance du noyau et de la surface de la cellule, les microsomes se groupent en séries linéaires, formant de véritables fibrilles disposées circulairement.

Fibrilles du protoplasma. — A la périphérie de la cellule, le protoplasma est nettement fibrillaire. Ces fibrilles se continuent dans les prolongements protoplasmiques de la cellule et dans le cylindreaxe, et quelques-unes s'entrecroisent en formant des sortes de chiasma à la base des prolongements. Max Schultze est le premier qui ait bien décrit les fibrilles du protoplasma des cellules nerveuses.



Fig. 295. — Cellule nerveuse traitée par la méthode de Nissl. La substance colorée est la substance chromatique.

Le bleu de méthylène est fixé par le protoplasma et le noyau, *cellule somatochrome* de Nissl.

Quand on examine au microscope des coupes de substance grise colorées au bleu de méthylène, par la méthode de Nissl, on remarque que la matière colorante n'est pas répartie de la même manière dans toutes les cellules. Certaines sont colorées dans leur protoplasma et dans leur noyau, Nissl les nomme *cellules somato-chromes* (fig. 295). Les autres ne sont colorées en bleu que dans le noyau, le protoplasma restant transparent, ce sont les *cellules caryochromes* de Nissl (1). Il y a donc dans les cellules nerveuses une *substance chromatique* ou chromatophile et une *substance achromatique*.

On a décrit, sans preuves suffisantes, des variations dans la structure des cellules selon qu'elles sont dans une période d'activité ou de repos, selon qu'elles sont fatiguées, malades etc. Ces

(1) Les cellules radiculaires antérieures des nerfs rachidiens et celle des nerfs crâniens moteurs sont des *somatochromes*. Les cellules *caryochromes*, dont le protoplasma ne se colore pas, sont ce qu'on appelait autrefois les *grains*, dans le cerveau, la rétine, etc.

assertions réclament des recherches confirmatives. Je vais, cependant, les indiquer.

La *partie achromatique* est la partie essentielle de la cellule, le véritable protoplasma de la cellule, enfin l'*élément conducteur*. Cette partie est organisée en forme de réseau fibrillaire comme on le voit dans les cellules d'origine du nerf de la sixième paire chez le lapin. Dans les mailles de ce réseau est une substance amorphe.

Le cylindreaxe est formé de substance achromatique fibrillaire. Les fibrilles du cylindreaxe se continuent avec les filaments de la cellule, comme celles des prolongements protoplasmiques.

La *partie chromatique* est une matière destinée à la nutrition de la cellule nerveuse dont la richesse en substance chromatique varie avec l'état fonctionnel de la cellule. Cette partie est formée de *granulations chromatiques*, que Flemming a signalées le premier en 1882, et dont la quantité varie.

Le pied des prolongements protoplasmiques contient de la substance chromatique qui se présente sous forme de blocs irréguliers.

Dans les cellules fusiformes, la substance chromatique forme un bloc assez volumineux qui coiffe le noyau de chaque côté des pôles. On donne à ce bloc le nom de *capuchon nucléaire*. Le *cône de bifurcation* est un bloc de substance chromatique qui se trouve constamment au point de bifurcation des gros troncs de prolongements protoplasmiques.

Action de la lésion des nerfs sur les cellules. Expérience. — Sectionnez un nerf moteur, le bout dégénère, mais les cellules motrices de l'origine du nerf s'altèrent également : les amas de granulations chromatophiles se désagrègent, se répandent dans le protoplasma cellulaire et s'y dissolvent en partie. Le noyau quitte le milieu du protoplasma de la cellule pour se porter à la périphérie, où il fait quelquefois saillie. Ces altérations sont manifestes le troisième jour et sont à leur apogée, pour le nerf facial, vers le dix-huitième ou le vingtième jour (Nissl et Marinesco, 1896).

Structure des cellules en activité et au repos. — D'après Lugaro, la cellule *en activité* présente un état de turgescence du protoplasma, tandis que le protoplasma d'une cellule fatiguée est diminué de volume, par suite de la disparition d'une partie de la substance chromatique.

Lorsque les fibres nerveuses motrices sont lésées, accidentellement, ou en cas d'inflammation, la cellule se désorganise. Tant que la désorganisation n'atteint que la substance chromatique, le mal

est réparable, mais si la substance achromatique, fibrillaire, de la cellule est altérée, la vie du neurone est en péril. La cellule meurt et le bout central du nerf lésé se désagrège à son tour. Marinesco appelle cette lésion consécutive, *dégénérescence de Nissl.*

Je dois signaler les recherches qui ont été faites par divers savants sur les cellules nerveuses dans ces dix dernières années. Ces recherches portent sur la différence de structure des cellules en état d'activité et en état de repos.

Pendant l'activité normale, turgescence du *protoplasma* de la cellule avec diminution de la substance chromatique, commençant au voisinage du noyau ; *noyau* augmenté de volume.

Chez le *sujet fatigué*, diminution et rétraction du *protoplasma* de la cellule ; *noyau* diminué de volume, déformé et déplacé vers la périphérie de la cellule, avec diminution de la partie chromatique.

Expériences. — 1° Quand on tue brusquement une torpille, le noyau des grandes cellules nerveuses se porte vers la périphérie de la cellule, au point d'origine du cylindreaxe et le nucléole se porte contre la membrane du noyau. Si on laisse l'animal mourir lentement, les choses restent à l'état normal (Magini 1884, cité par Van Gehuchten).

2° La fatigue naturelle du cerveau, ou celle qui est provoquée par une excitation prolongée des ganglions spinaux, produit une augmentation de volume de la cellule nerveuse avec diminution de la substance chromatique, et une diminution du noyau avec modifications de la substance chromatique (Hodge, 1889).

Maun et Vas ont constaté que l'activité cellulaire augmente le volume du noyau et des nucléoles. La fatigue rétracte le noyau et rend diffuse la substance chromatique.

Chez le *nouveau-né*, les noyaux des cellules sont gros, ronds et clairs; les nucléoles, gros également, se colorent d'une manière intense par l'acide osmique.

Chez le *vieillard*, quatre-vingt-douze ans, les noyaux sont ratatinés et ne se colorent plus avec l'acide osmique.

Mais ces recherches méritent confirmation ; on ne doit les considérer jusqu'à présent que comme peu probantes (1).

(1) Récemment (Acad. des Sciences, avril 1900), Marinesco, étudiant les cellules nerveuses des vieillards, affirme que la cellule nerveuse diminue de volume, que les granulations chromatiques sont également réduites, *chromatolyse sénile*, surtout autour du noyau, et qu'elles sont remplacées par des granulations pigmentaires qui, augmentant insensiblement, déterminent l'atrophie de la cellule.

Marinesco ne pense pas, comme Metchnikoff, que les cellules migratrices, phagocytes, détruisent les cellules nerveuses séniles ; il pense que ce rôle est

Fonctions des cellules nerveuses. — Il y a des cellules nerveuses motrices, sensitives, sympathiques, psychiques, etc.

Aucun caractère de forme ou de structure ne permet de les distinguer les unes des autres. Les *cellules motrices* sont parfaitement connues parce qu'il est relativement facile de suivre les cylindre-axes jusqu'à elles (cornes antérieures de la substance grise de la

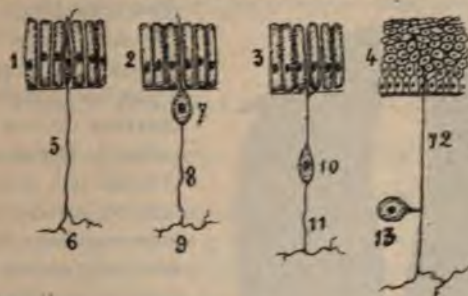


Fig. 296. — Schéma de la dérivation ectodermique de la cellule nerveuse; neuro-épithélium.

1, une cellule neuro-épithéliale des vers oligochètes. — 5, prolongement central, cylindre-axe. — 6, au-dessus de la cellule, on voit le prolongement du protoplasma. — 2, cellule nerveuse sous-épithéliale des vers polychètes. — 7, émettant le prolongement protoplasmique entre deux cellules épithéliales et se continuant en bas avec le cylindreaxe 8. — 3, cellule nerveuse des mollusques 10, envoyant son prolongement de protoplasma entre les cellules et se continuant en bas avec le cylindreaxe 11. — 5, cellule sensitive des vertébrés 13, se ramifiant dans les épithéliums par un rameau périphérique 12 et se continuant d'autre part avec le cylindreaxe.

moelle, noyaux d'origine des nerfs moteurs crâniens, cellules pyramidales des circonvolutions, etc.)

Les *cellules sensitives* ont avec les fibres sensitives des rapports analogues avec ceux des cellules motrices et de leur cylindreaxe; elles sont moins connues, et il est certain qu'elles occupent les cornes postérieures de la moelle, la colonne de Clarke, les noyaux d'origine des nerfs crâniens sensitifs et les circonvolutions du cerveau. Les *cellules sympathiques* donnent naissance aux filaments nerveux du grand sympathique; leur origine précise n'est pas connue. Il en est de même des cellues psychiques qu'on place, sans preuves, dans les circonvolutions du lobe frontal du cerveau.

rempli plutôt par les cellules névrogliques. Lorsque la substance de la cellule est attaquée dans sa vitalité, les cellules névrogliques entrent en prolifération et attaquent la cellule nerveuse qu'elles dévorent, ainsi que cela se voit dans la myélite aiguë. Marinesco est à la recherche d'un sérum, fourni par des animaux jeunes et par des organes jeunes, qui stimulerait les propriétés chimiques des vieilles cellules nerveuses et leur permettrait de lutter contre les attaques des *astrocytes* devenus *phagocytes*.

Développement des cellules nerveuses. — Le système nerveux entier, centres, nerfs et ganglions, naît de l'ectoderme, ou feuillet externe du blastoderme. En considérant les caractères anatomiques et physiologiques des cellules nerveuses, on peut se faire une idée de la puissance de différenciation des éléments anatomiques embryonnaires. L'ectoderme n'était au début qu'une couche de cellules épithéliales. Si l'on n'avait pas suivi pas à pas les modifications successives de ces cellules en cellules nerveuses, on ne croirait pas à une transformation aussi complète du plus modeste des éléments anatomiques en un élément anatomique des plus nobles.

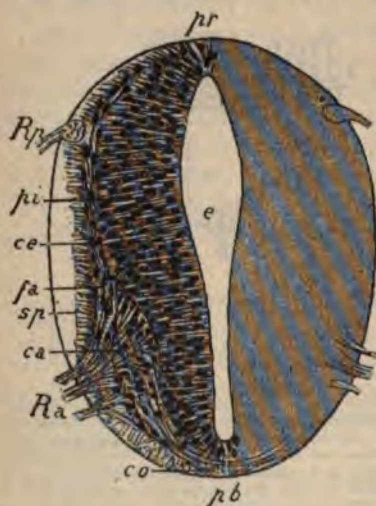


Fig. 297. — Coupe du canal médullaire d'un embryon humain de 7 millimètres environ, les détails ne sont indiqués que sur un côté (d'après His).

pr, toit ou plaque recouvrante. — *pb*, plancher ou plaque basale. — *pi*, paroi latérale plus épaisse. — *ce*, *fa*, couche externe de neuroblastes. — *sp*, neurospongе. — *co*, quelques neuroblastes avec prolongement. — *Ra*, racines antérieurs. — *Rp*, racines postérieures et canal de l'épendyme.

L'ectoderme devenant également l'épiderme, il est incontestable que les cellules nerveuses et les cellules épidermiques ont des liens de parenté très étroits.

Le mode de développement des cellules nerveuses permet de comprendre que certaines cellules épidermiques, ou *épithéliales*, éparses au milieu des épithéliums ou de l'épiderme, peuvent évoluer dans le sens des cellules nerveuses, dont elles ont la conformation même et les attributs. Je veux parler des cellules *neuro-épithéliales* si abondamment répandues chez les invertébrés et existant aussi chez les vertébrés (fig. 296).

Nous avons vu, page 91, comment le *canal neural* dérive de l'ectoderme. A ce moment c'est un tube très étroit à parois exclusivement épithéliales. Ces parois végètent et leurs cellules se multiplient par karyokinèse (voy. *Développement de la moelle et des centres nerveux*.

ARTICLE II

FIBRES NERVEUSES

Les fibres nerveuses sont de deux ordres : les fibres blanches et les fibres grises.

§ 1. — FIBRES BLANCHES OU FIBRES A MYÉLINE (1).

Ces fibres diffèrent dans les centres nerveux et dans les nerfs blancs.

Les fibres des nerfs blancs sont de longs filaments qui s'étendent des centres nerveux au point où leurs racines s'implantent, jusqu'aux muscles (filets moteurs) et jusqu'aux parties sensibles, peau, muqueuses, etc. (filets sensitifs).

Conducteurs électriques. — Les cellules nerveuses étant considérées comme un centre de vibration nerveuse, les fibres nerveuses peuvent être comparées à des fils télégraphiques reliant les cellules nerveuses à d'autres cellules nerveuses où à des organes plus ou moins éloignés.

Il y en a des courtes, les fibres de moteur oculaire commun par exemple, et de très longues, comme celles du grand nerf sciatique.

Les fibres des nerfs blancs sont disposées parallèlement comme les filaments d'un écheveau de fil.

Couleur. — Ces fibres, sur le cadavre, sont blanches ; elle sont presque transparentes sur le vivant.

Dimensions. — Examinées au microscope, les fibres nerveuses ont un diamètre variable, de 3 μ à 15 μ. Chez la torpille, les fibres nerveuses sont volumineuses. Il y a donc des fibres fines, moyennes et grosses. Les fibres des nerfs moteurs sont plus larges que celles des nerfs sensitifs et des nerfs sympathiques.

Aspect moniliforme. — La fibre nerveuse n'offre pas une surface régulière et elle n'est pas d'un diamètre uniforme. Elle présente des étranglements de distance en distance, et l'espace qui les sépare les uns des autres n'atteint jamais un millimètre. Découverts par

(1) Synonymes : *fibres myéliniques, fibres à moelle, fibres à double contour, fibres foncées, tubes nerveux.*

Ranvier, ces *étranglements annulaires* divisent la fibre nerveuse en une multitude de *segments interannulaires*, de sorte que la fibre nerveuse a un aspect moniliforme. Il sera souvent question

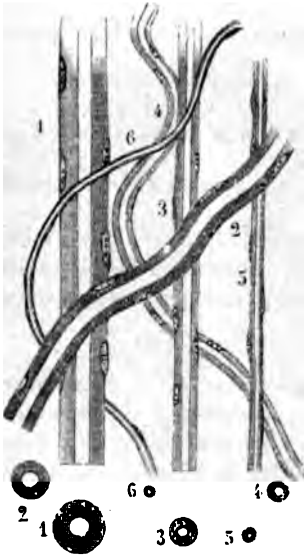


Fig. 298. — Fibres nerveuses fraîches de différentes dimensions. Coupe transversale des mêmes fibres avec les mêmes chiffres. Gross. 500.

1, fibres nerveuses grosses, on voit les noyaux de la gaine de chacune, la myéline et le cylindreaxe transparent. — 3, fibre moyenne. — 3, 4, fibres plus petites. — 5, 6, fibres nerveuses fines.

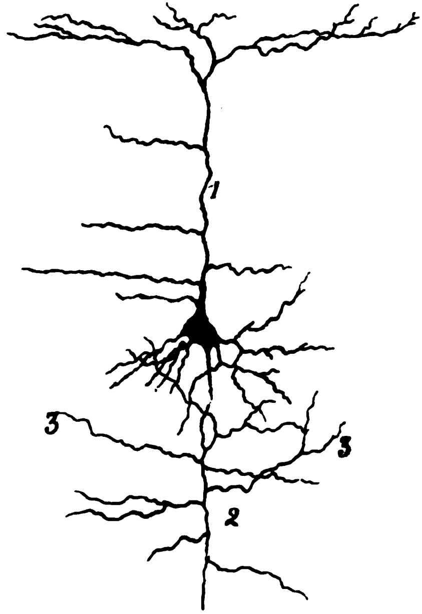


Fig. 299. — Cellule nerveuse de l'écorce cérébrale d'une souris blanche âgée de neuf jours (d'après Van Gehuchten).

1, prolongement protoplasmique principal, les autres partent des parties latérales de la cellule. — 2, cylindreaxe. — 3, ses collatérales.

dans cet article des segments interannulaires de la fibre nerveuse et des étranglements qui les séparent.

Sa constitution. — On aperçoit dans la fibre nerveuse un filament central partout continu ; c'est la partie essentielle de la fibre nerveuse, c'est le *cylindreaxe*.

Autour du cylindre-axe, on distingue une gaine qui entoure le cylindreaxe, gaine continue dans toute l'étendue d'un même segment, mais interrompue au niveau de chaque étranglement. Cette gaine est formée de *myéline*, matière isolante de nature grasse.

Tout à fait à la surface de la fibre, en dehors de la myéline, on aperçoit une mince membrane parsemée de noyaux (un noyau par segment), c'est la *membrane de Schwann.*

Structure.

La fibre nerveuse des nerfs blancs est donc composée de trois éléments : le cylindreaxe, étendu d'une extrémité à l'autre de la fibre nerveuse, la myéline qui entoure le cylindreaxe, et la membrane de Schwann qui recouvre la myéline. Etudions ces divers éléments.

Cylindreaxe (1). — Tout cylindreaxe a pour origine une cellule nerveuse. Il naît donc dans la substance grise des centres nerveux ou dans un ganglion périphérique. Il sort de la cellule et se continue sans interruption jusqu'aux régions sensitives ou motrices auxquelles il est destiné.

C'est un filament cylindrique, très ténu, d'une longueur parfois considérable et formant l'axe des fibres nerveuses. Le cylindreaxe naît brusquement sur le protoplasma de la cellule par un petit *cône d'émergence*, et non par une large base conique comme les prolongements protoplasmiques. Son origine a lieu souvent, sur le point opposé à celui qui donne naissance aux autres prolongements. Quelquefois le cylindreaxe prend naissance sur le pied d'un prolongement protoplasmique à peu de distance de la cellule (couche superficielle de l'écorce cérébrale, petites cellules de la couche granuleuse du cervelet).

Cellules polyaxiles. — Il n'y a généralement qu'un cylindreaxe par cellule, mais il est certain qu'une cellule peut en fournir deux et même plusieurs (*cellules polyaxiles*). (Retzius, Ramon y Cajal.)

Il n'est pas indivis. — On pensait autrefois, avec Deiters, que le cylindreaxe était indivis depuis son origine jusqu'à sa terminaison; mais par sa méthode, Golgi a démontré qu'il fournit un certain nombre de *branches collatérales* (2). Exceptons toutefois le cylindreaxe des cellules nerveuses de la rétine, qui n'émet aucune branche collatérale jusqu'à ce qu'il soit arrivé à la fibre nerveuse du nerf optique à laquelle il est destiné.

(1) Synonymes : *Prolongement nerveux, cylinderaxis, prolongement axile, prolongement cylindraxile, prolongement de Deiters, axone.*

(2) Les collatérales de Golgi naissent sur le cylindreaxe, dans la substance grise et aussi sur le trajet des fibres nerveuses Dans ce dernier cas, elles prennent toujours naissance au niveau d'un étranglement annulaire.

Historique. — Le cylindreaxe fut décrit, pour la première fois, en [illegible] par Remak, sous le nom de *ruban primitif*. Purkinje, en 1838, attesta qu'il a une forme cylindrique, il lui donna le nom de *cylindreaxe*. En 1865, Deiters montra que le cylindreaxe est toujours le prolongement d'une cellule nerveuse. Cependant, les recherches de Deiters avaient été précédées de celles moins complètes de Wagner sur les lobes électriques de la torpille (1851) et de Remak (1854).

Cylindreaxe primitif. — Je signalerai un point important pour la compréhension de certaines descriptions. Dans l'étude du cylindreaxe, il faut distinguer, d'après Renaut, les *cylindreaxes primitifs* et les *cylindreaxes proprement dits*.

Les *cylindreaxes primitifs* sont les prolongements isolés uniques, qui viennent des cellules multipolaires. Ils convergent en nombre plus ou moins considérable, en donnant des collatérales et forment un faisceau qui s'entoure de myéline ; ce faisceau constitue un cylindreaxe proprement dit, dont la formation a pour siège la substance grise.

Cylindreaxe proprement dit. — Le *cylindreaxe proprement dit* est donc l'assemblage de plusieurs cylindreaxes primitifs venus chacun d'une cellule différente, se groupant et marchant sous la même couche protectrice de myéline, pour se séparer plus loin et se rendre chacun à sa terminaison respective. Chaque filament primitif correspond à un seul neurone, et le cylindreaxe proprement dit correspond à autant de neurones qu'il y a de cylindreaxes primitifs.

Collatérales de Golgi. — Golgi a prouvé, en 1880, que les collatérales se divisent et se subdivisent dans l'épaisseur de la substance grise, et s'étendent au loin dans les directions les plus diverses de manière à distribuer dans tous les sens la vibration nerveuse.

Quand une fibre nerveuse se bifurque, la bifurcation se fait toujours au niveau d'un étranglement intérannulaire.

Etat perlé. — Renaut décrit un état particulier du cylindreaxe au voisinage des cellules, l'*état perle*, caractérisé par des renflements successifs comme si de petites perles étaient enfilées les unes après les autres par le cylindreaxe et légèrement écartées. D'après le même auteur, l'état perlé répondrait probablement à une attitude plus ou moins active de ce prolongement nerveux ou à un certain degré d'intensité du courant. Il est vrai que J. Demoor et Mlle Stefanowska (*Trav. du labor. de l'Institut Solvay*, 1896 et 1897) considèrent que l'état perlé est un état inverse, c'est-à-dire passif, répondant à l'état d'inactivité fonctionnelle.

Le cylindreaxe est la partie la plus essentielle de la fibre nerveuse. C'est le conducteur du courant nerveux ; les autres parties de la fibre ne jouent aucun rôle comme conducteur.

Structure du cylindreaxe. — Le cylindreaxe est composé de fines fibrilles juxtaposées.

Ces fibrilles se séparent fréquemment vers l'extrémité terminale des nerfs, de manière à former de très fines ramifications dont quelques-unes n'ont qu'une fibrille primitive. A leur point d'origine sur la cellule nerveuse, les fibrilles sont si exactement unies que le cylindreaxe paraît homogène.

Les fibrilles du cylindreaxe sont unies par une substance hyaline, *hyaloplasma* (1), qui forme une mince couche autour du cylindreaxe, couche qui a été décrite sous le nom de *gaîne de Mauthner*. Cette gaine, pour Ranvier, est formée par le protoplasma de la cellule du segment interannulaire (voy. plus loin).

Réactifs. — Le cylindreaxe est une substance protéique, il en a toutes les réactions, et il est coloré, comme le protoplasma dont

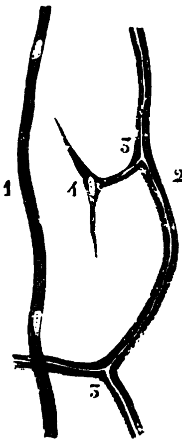


Fig. 300. — Fibres nerveuses.

1, fibre de Remak. — 2, fibre à myéline en voie de développement. — 3, 3, bifurcations de la fibre au niveau d'un étranglement annulaire

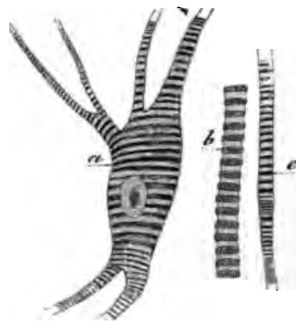


Fig. 301. — Cellules nerveuses et cylindreaxes zébrés par l'action du nitrate d'argent, stries de Frommann.

a, cellule avec ses prolongements, b, c, cylindreaxes.

il a la structure fibrillaire, en rouge par le *carmin*, et en violet par le *chlorure d'or*. Il est aussi vivement coloré par le picro-car-

(1) Synonymes : *axoplasma* de Waldeyer, *neuroplasma* de Kölliker.

minate d'ammoniaque, le carmin aluné, l'éosine et la pyrosine.

Le *nitrate d'argent* zèbre la surface du cylindreaxe, ainsi que celle des cellules nerveuses, en y dessinant des lignes transversales alternativement claires et noires, connues sous le nom de *stries de Frommann*.

Origine et terminaison. — Le cylindreaxe revêtu de myéline peut être comparé aux fils télégraphiques isolés par un tissu placé à leur surface, et ses collatérales à des fils accessoires dans lesquels se répand le courant nerveux.

A son *origine* sur la cellule nerveuse, le cylindreaxe est absolument nu, il se revêt de myéline au moment où il pénètre dans la substance blanche, et de la gaine de Schwann lorsqu'il sort des centres nerveux.

Lorsqu'une fibre nerveuse se ramifie *en se terminant*, les fibrilles se séparent et la plupart des filets terminaux sont composés d'une seule fibrille primitive, cylindreaxe primitif. Mais tout à fait à l'extrémité, cette fibrille se ramifie à son tour et forme des sortes d'arborisations terminales.

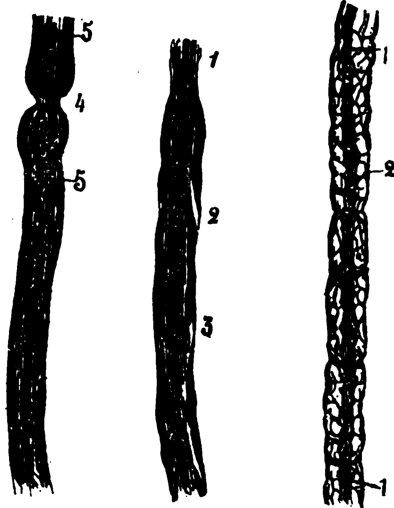


Fig. 302. — Incisures de Schmidt et de Lanterman (d'après Ranvier).

1, cylindreaxe. — 2, 3, incisures séparant les segments cylindro-coniques. — 4, étranglement annulaire. — 5, renflements terminaux de la myéline, en baguettes de tambour.

Fig. 303. — Réticulum de neuro-kératine (d'après Ranvier.)

1, 1, cylindreaxe. — 2, gaine de Schwann.

Myéline. — La myéline est une couche protectrice, de couleur blanche et de nature grasse, qui entoure le cylindreaxe. Blanche sur le cadavre et rappelant le beurre frais par son aspect, elle est demi-transparente sur le vivant et cette couleur rappelle celle de la vaseline.

La myéline ne forme pas une gaine complète, elle est complètement interrompue au niveau des étranglements annulaires ; elle entoure le cylindreaxe auquel elle forme une gaine, un manchon, dans toute l'étendue du segment interannulaire.

Molle et homogène sur le vivant, elle s'échappe sous forme de gouttelettes vermiformes lorsque la membrane de Schwann se brise. Après la mort, elle devient opaque, et se dispose en grumeaux, en boules.

C'est une matière grasse phosphorée, composée de *lecithine* et de *cérébrine.*

Réactifs. — Cette substance grasse a une grande affinité pour l'eau, qui la gonfle et l'émulsionne.

L'*acide osmique* la colore en *noir d'ébène*, ce qui caractérise la myéline et la distingue des autres matières grasses que l'acide osmique colore en noir moins intense, tirant sur le bistre.

Origine de la myéline. — La myéline est exhalée, selon Ranvier, par la surface interne de la *cellule qui forme le segment interannulaire.* Il faut voir maintenant comment elle est disposée autour du cylindreaxe, qu'elle enveloppe comme un manchon.



Fig. 304. — Figure schématique montrant les incisures de Schmidt et Lanterman.

1, cylindreaxe. — 2, coupe d'une fibre nerveuse entre deux incisures. 3, coupe d'une fibre au niveau de l'incisure; le cercle noir, intérieur représente le cercle emboité, l'extérieur le cercle emboitant. — 4, 5, coupe d'une fibre nerveuse au niveau d'une incisure sur un point différent. — 6, coupe d'une fibre nerveuse au niveau de la baguette de tambour terminant la myéline du segment interannulaire. — 7, coupe de l'étranglement annulaire. — 8, tube nerveux coupé. — 9, incisure. — 10, extrémité du cylindre emboitant. — 11, partie moyenne d'un segment interannulaire. — 12, son extrémité renflée. — 14, étranglement annulaire.

Incisures de la myéline. — Si on examine au microscope une fibre nerveuse fixée par l'acide osmique, on voit que la myéline est divisée en petits fragments circulaires, ou plutôt en petits cylindres, ou cornets, emboîtés les uns dans les autres par leurs extrémités comme les oublies des pâtissiers. Au point où ces cornets s'emboîtent, il se trouve naturellement de petits intervalles sous forme d'encoches ou d'incisures, dans lesquels on trouve du protoplasma. On décrit ces intervalles sous le nom d'*incisures* de *Schmidt* et de *Lanterman.* Le premier de ces deux savants les a décrites en 1874, le second en 1876.

Les cylindres situés aux extrémités du segment interannulaire sont terminés par des extrémités arrondies et renflées analogues à des *baguettes de tambour* (fig. 304,12).

Entonnoirs de Golgi. — En 1880, Golgi et Rezzonico, son élève,

ont fait connaître l'existence d'un filament mince décrivant des spirales autour de la myéline. Sa disposition est telle qu'il dessine des espèces d'entonnoirs que Kölliker considère comme une production artificielle.

Neuro-kératine. — Quand on dissout la myéline d'une fibre nerveuse au moyen de l'éther ou de l'alcool bouillant, il reste une sorte de charpente, de réseau, allant de la paroi de la cellule qui enveloppait la myéline à la gaine qui recouvre le cylindreaxe. Ewald et Kühne ont décrit ce réseau sous le nom de *neuro-kératine.*

Ces apparences sont-elles réelles ou sont-elles dues à quelques accidents de préparation ?

Membrane de Schwann (1). — La membrane de Schwann est l'enveloppe extérieure de la fibre nerveuse. Elle entoure la myéline. C'est une membrane mince, transparente, sans structure, comme le myolemme des muscles striés et la membrane d'enveloppe d'une cellule adipeuse.

Autrefois, on la considérait comme un long tube membraneux. Mais, depuis 1871, Ranvier a fait plusieurs découvertes d'un intérêt capital, relativement à la structure des fibres nerveuses. Notre savant compatriote a démontré entre autres choses que la fibre nerveuse n'a pas une surface uniforme, régulière, mais qu'elle est divisée en une foule de petits segments par des étranglements en forme d'anneaux.

Etranglements annulaires et segments interannulaires de Ranvier. — On trouve de distance en distance, mais sur des intervalles de moins d'un millimètre, des points rétrécis, ou *étranglements annulaires*, de sorte que la fibre nerveuse ressemble à un chapelet dont les grains seraient enfilés par le cylindre-axe.

Chaque étranglement annulaire à la forme d'un anneau traversé par le cylindre-axe et interrompant complètement la myéline.

Les *segments interannulaires*, qui séparent les étranglements, peuvent être comparés à des cylindres. Chaque cylindre, formé par la membrane de Schwann, est rempli de myéline ; le cylindre est traversé de part en part d'une extrémité à l'autre par le cylindreaxe ininterrompu.

Chaque segment possède à sa partie moyenne une cellule intérieure à un seul noyau ovalaire, à direction longitudinale, situé

(1) Synonymes : *gaine primitive* (Kölliker), *névrilème* (Schultze), *membrane limitante* (Valentin).

sur la face interne de la membrane de Schwann et déprimant la myéline dans laquelle il se forme une loge.

La *cellule* du *segment interannulaire* est donc située à l'intérieur de la membrane de Schwann. En effet, autour du noyau, parfaitement visible, on voit une petite masse de protoplasma qu'il est difficile de poursuivre ; mais, chez les jeunes sujets et dans les cas de dégénération du bout périphérique d'un nerf sectionné, on peut voir que cette lame de protoplasma amorphe, et contenant parfois de fines gouttelettes graisseuses, recouvre la surface interne du segment et qu'elle se replie aux deux extrémités pour se réfléchir sur le cylindraxe auquel elle forme une sorte de gaine séreuse. L'ensemble de cette expansion protoplasmique représente donc une sorte de cavité close dans laquelle est exhalée, sécrétée, la myéline. Pour Ranvier, la *gaine de Mauthner* serait formée par la partie réfléchie de la cellule du segment interannulaire et non par la surface de l'hyaloplasma qui relie les fibrilles du cylindraxe.

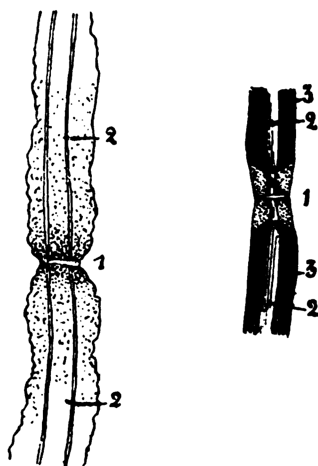


Fig. 305. — Etranglements annulaires (Ranvier).

A gauche, fibre nerveuse du nerf sciatique d'un lapin, grossie 600 fois.
1, étranglement annulaire. — 2, 2, cylindraxe.
A droite, étranglement annulaire grandi pour l'intelligence de la figure.
1, substance de l'étranglement interannulaire. — 2, 2, cylindraxe. — 3, 3, myéline.

Les segments interannulaires sont plus longs chez les adultes que chez les jeunes sujets; c'est par l'allongement de ces segments que Ranvier explique l'allongement des nerfs de l'adulte.

Plus longs sur les fibres larges, les segments interannulaires ont une longueur variable de 180 à 700 μ ; sur les tubes larges, ils mesurent jusqu'à 800 μ à 1000 μ, c'est-à-dire un millimètre.

Exhalation de la myéline. — J'ai dit plus haut que la myéline est exhalée par le segment interannulaire. En effet, la cellule qui double la membrane de Schwann et recouvre le cylindraxe, après s'être réfléchie aux extrémités du segment interannulaire, constitue une cavité close qui sécrète la myéline par sa surface interne (Ranvier).

La cellule du segment donne lieu à deux productions, à une production *exoplasmique* qui est la membrane de Schwann et à

une production *endoplasmique*, la myéline. La cellule existe donc avant la membrane de Schwann, comme nous le verrons plus loin.

De là à comparer un segment à une cellule adipeuse, il n'y avait qu'un pas. Ranvier l'a franchi, et il a démontré qu'on peut comparer la paroi du segment à la paroi d'une cellule adipeuse, ayant comme elle son noyau et son protoplasma doublant la paroi, et exhalant la myéline comme la paroi protoplasmique de la cellule adipeuse exhale la graisse.

Les *étranglements annulaires* sont des disques traversés au centre par le cylindraxe et séparant deux régions de myéline. Chaque étranglement est formé par l'adossement de la paroi des deux segments voisins, avec interposition d'une couche de *ciment interannulaire*. Sur les deux côtés du ciment se trouve la paroi de la cellule qui a donné naissance à la myéline, de sorte que chaque anneau serait formé de cinq couches, ciment au centre, membrane de Schwann de chaque côté, et plus loin, protoplasma de la cellule qui double l'intérieur de la membrane de Schwann. La substance de l'anneau, formée par la réunion de ces couches, fait saillie dans chaque segment de manière à présenter la forme d'une lentille biconvexe : c'est le *renflement biconique* de Ranvier (fig. 305).



Fig. 306. — Surface d'un fascicule nerveux de la souris avec les cellules de la gaine de Henle (imprégnation par le nitrate d'argent).

1, bord des cellules endothéliales. — 2, fibres nerveuses. — 3, croix latines de Ranvier formées par la coloration d'un étranglement annulaire et de la portion de cylindraxe qui le traverse.

Croix latines de Ranvier. — L'étranglement est perméable à l'eau et aux réactifs colorants. Quand on met un petit faisceau nerveux en contact avec un réactif colorant, le ciment du disque biconique se colore et se présente sous forme d'une ligne transversale, tandis que le cylindraxe se colore au même niveau et forme une ligne verticale, d'où formation d'une croix, *croix latines* de Ranvier (fig. 306).

Mode de nutrition de la fibre nerveuse. — L'anneau qui sépare les segments interannulaires est perméable aux liquides. Ranvier considère les étranglements comme le chemin suivi par les liquides nutritifs qui diffusent de dehors en dedans vers le cylindraxe.

Deux espèces de fibres nerveuses blanches. — Les fibres blanches des centres nerveux sont : 1° des *fibres intrinsèques*

mettant en communication les cellules de la substance grise les unes avec les autres; 2° et des *fibres extrinsèques*, plus rares, formées par les nerfs qui pénètrent dans les centres nerveux.

Les *fibres intrinsèques* sont dépourvues de membrane de Schwann. Elles sont réduites à leur cylindraxe revêtu d'une couche uniforme de myéline, et, à la surface de la myéline, on voit des noyaux de distance en distance avec un peu de protoplasma.

Quant aux *fibres extrinsèques*, au moment où elles pénètrent dans la substance des centres nerveux, elles perdent la membrane de Schwann qui les entoure et qui se confond avec la couche de névroglie sous-jacente à la pie-mère. La fibre nerveuse se mêle ensuite aux fibres blanches des centres nerveux, formée de son cylindraxe, de sa myéline et de la couche de noyaux que j'ai signalée à l'intérieur de la gaine de Schwann. A ce moment, elle a la mollesse des fibres de la substance blanche. Lorsque le cylindraxe passe de la substance blanche dans la substance grise, il se dépouille de sa couche de myéline et il aborde la cellule nerveuse à l'état de cylindraxe nu.

Il est inutile de faire remarquer, je pense, que les fibres nerveuses, molles, des centres nerveux, étant dépourvues de membrane de Schwann, ne peuvent présenter ni étranglements annulaires, ni segments interannulaires.



Fig. 307. — Fibres nerveuses présentant l'altération variqueuse avec formation de boules de myéline.

En résumé, les fibres nerveuses des nerfs sont rigides parce qu'elles sont pourvues de la membrane de Schwann, celles des centres nerveux sont molles parce qu'elles n'en ont pas. Leur mollesse donne à la substance blanche du cerveau l'aspect de pâte de guimauve fraiche. Ces fibres, n'étant pas soutenues par la membrane de Schwann, présentent dans les préparations un aspect *variqueux* dû aux déformations de la myéline.

§ 2. — FIBRES NERVEUSES GRISES OU FIBRES SANS MYÉLINE

Les fibres nerveuses sans myéline, ou fibres de Remak, forment les nerfs sympathiques, ainsi que les filets olfactifs et les fibres

de la rétine, qui dépendent du système nerveux cérébro-spinal. On peut dire que ce sont des fibres nerveuses incomplètement développées et demeurées à l'état embryonnaire.



Fig. 308. — Réseau de fibres de fibres de Remak dans le pneumogastrique du chien (d'après Ranvier).

a, faisceau de fibres. — *b*, stries formées par les fibrilles. — *n*, noyaux. — *p*, protoplasma mince entourant le noyau.

On rencontre encore des fibres de Remak mêlées aux fibres à myéline dans les nerfs blancs, ou cérébro-spinaux, comme on trouve quelques fibres à myéline dans les branches des nerfs sympathiques. Les nerfs des invertébrés ne possèdent pas de myéline et sont exclusivement formés de fibres de Remak.

Les fibres de Remak présentent des stries longitudinales dues à la juxtaposition de fines fibrilles. Elles sont disposées sous forme de rubans étroits parsemés de noyaux.

Les fibrilles des fibres de Remak sont identiques à celles des cylindraxes. Elles en diffèrent cependant en ce qu'elles se divisent et s'anastomosent plus fréquemment entre elles, de manière à former des réseaux longitudinaux. Les noyaux sont ovalaires, à grand axe longitudinal et entourés d'une petite masse de protoplasma, qui s'étend à la surface du ruban en une couche tellement mince, qu'il est difficile de la suivre. Il est à remarquer que les noyaux sont toujours à la surface des fibres et que lorsqu'ils paraissent situés au centre, ils sont en réalité situés entre deux fibres superposées (Ranvier).

On a cru autrefois que les fibres de Remak n'étaient que des faisceaux de fibrilles du tissu conjonctif, mais il est certain qu'elles ne donnent pas de la gélatine par la coction et qu'elles ne sont pas dissoutes par les acides. Bien au contraire, les acides les durcissent.

Développement des fibres nerveuses. — Comme tous les éléments nerveux, les fibres dérivent de l'ectoderme. Elles sont un prolongement des cellules nerveuses.

En décrivant le développement des cellules nerveuses, j'ai dit que les neuroblastes poussent des prolongements, dont le plus précoce est le cylindraxe. Ce prolongement, mince à son origine, se renfle en cône à son extrémité ; on appelle ce renflement le *cône d'accroissement*. Celui-ci s'allonge de plus en plus jusqu'à l'extrémité de la fibre nerveuse, quelle que soit sa longueur. Il en est de même aux extrémités terminales des branches collatérales.

Apparition du cylindraxe. — Lorsqu'un nerf se forme, les cylindraxes des fibres du nerf apparaissent d'abord, ils sont nus et juxtaposés. Les cellules mésenchymateuses du mésoderme, animées de mouvements amiboïdes très vifs, entourent le faisceau des cylindraxes et, véritables cellules migratrices, elles s'insi-



Fig. 309. — Développement des nerfs. Coupe longitudinale d'un faisceau de nerf sciatique d'un embryon de vache, long de 25 millimètres, autour duquel les cellules migratrices se groupent en l'entourant (d'après Vignal).

nuent entre ces filaments où elles se multiplient rapidement. Ces cellules s'appliquent à la surface des cylindraxes et elles s'incurvent de manière à les envelopper complètement. Chacune de ces cellules contient au centre un noyau ovalaire à direction longitudinale et deviendra la cellule d'un segment interannulaire dont il a été question plus haut. Il faut plus de trois mois pour que le cylindraxe soit entouré par cette enveloppe formée de cellules réunies par leurs extrémités. On donne à ces cellules le nom de *cellules de Vignal*, du nom de l'anatomiste qui les a le mieux étudiées, en 1889. Il arrive souvent qu'il reste un intervalle entre deux cellules de Vignal; il se forme alors de petites cellules supplémentaires dites *segments intercalaires*.

Apparition de la myéline. — A partir du milieu du quatrième

mois de la vie fœtale, la myéline commence à apparaître et elle se développe du centre à la périphérie, de sorte que les fibres nerveuses ont de la myéline au moment où elles sortent des centres nerveux, alors qu'elles en sont dépourvues aux extrémités. Selon Flechsig, elle ne se montre que dans la seconde moitié du cinquième mois.

La myéline apparaît sous forme de gouttelettes grasses appliquées sur le cylindraxe. Elles augmentent insensiblement, se confondent et finissent par former autour des cylindraxes un manchon complet.

Le *développement des fibres nerveuses* dans l'axe cérébro-spinal se fait de la même manière, mais elles n'ont pas de membrane de Schwann. Ces fibres présentent donc, du centre à la périphérie, le cylindraxe, la myéline et une surface limite formée par la paroi mince des cellules de Vignal.

Pour les *usages*, voir *Nerfs*.

ARTICLE III

NERFS BLANCS (CÉRÉBRO-SPINAUX OU DE LA VIE ANIMALE)

Les nerfs cérébro-spinaux sont des cordons blancs, étendus des centres nerveux à la plupart des organes et tissus de l'économie.

On appelle *nerfs craniens* ceux qui naissent de l'encéphale et qui sortent par les trous de la base du crâne; on en compte douze paires. Ceux qui partent de la moelle, et qui traversent les trous de conjugaison, sont les *nerfs rachidiens*, au nombre de trente et une paires.

Il ne faudrait pas se faire une idée du nombre des nerfs d'après les trous du crâne et du rachis. Formés de fibres accolées, les nerfs se séparent par faisceaux qui vont en s'amincissant de plus en plus jusqu'à être formés par une seule fibre nerveuse et même, au moment où cette fibre, de sensibilité ou de mouvement, va se terminer dans les organes, elle se ramifie encore en filaments microscopiques extrêmement ténus pour pénétrer dans l'intimité des tissus et des organes où ils se terminent par des extrémités libres. Il y a donc une quantité innombrable de nerfs. Il y en a presque partout.

Tous les nerfs doivent être considérés comme autant de faisceaux de fils électriques parcourus par le courant nerveux à rai-

son de trente mètres par seconde. Les filets sensitifs portent aux centres nerveux les impressions et les filets moteurs transportent aux muscles les vibrations nerveuses émanées des cellules motrices.

Nous verrons dans le courant de cette étude que les nerfs contiennent aussi des fibres sympathiques, c'est-à-dire des nerfs vasomoteurs.

Parmi les nerfs craniens, les uns sont des *nerfs de mouvement*, les autres de *sensibilité;* quelques-uns enfin, *nerfs sensoriels*, sont spécialement destinés aux organes des sens. Les nerfs rachidiens, qui sont des *nerfs mixtes*, c'est-à-dire sensitifs et moteurs tout à la fois, naissent sur la moelle par deux sortes de racines distinctes, les unes motrices et les autres sensitives; mais, au moment où les nerfs sortent des trous de conjugaison, les deux racines se confondent pour former un nerf mixte, d'où partiront des filets nerveux destinés au mouvement et à la sensibilité.

Nous allons successivement étudier le trajet des nerfs, leurs rapports, leur conformation extérieure, leurs anastomoses, leur structure, leur origine et leur terminaison.

§ 1. — TRAJET, RAPPORTS, CONFORMATION EXTÉRIEURE, ANASTOMOSES

Trajet. — Après avoir traversé le trou de la base du crâne ou celui de la colonne vertébrale, le tronc nerveux suit un trajet à peu près direct jusqu'à sa terminaison. Les troncs nerveux ne sont pas flexueux; ils sont tellement rectilignes, avec des bords si nettement tranchés, qu'il est facile de les distinguer des vaisseaux.

Rapports. — Les nerfs affectent des rapports particuliers avec les vaisseaux; ils suivent souvent le trajet des artères et des veines et ils forment avec ces vaisseaux un paquet vasculo-nerveux que l'on rencontre dans beaucoup de régions.

A la tête, il est remarquable de voir avec quelle constance les rameaux nerveux accompagnent les artères dans les trous et conduits dont les os sont pourvus.

Certains muscles sont traversés par des troncs nerveux : le sterno-mastoïdien par le spinal, le coraco-brachial par le musculo-cutané, le court supinateur par la branche profonde du radial, et le long péronier latéral par le sciatique poplité externe; d'où le nom de nerfs perforants par lequel ils sont souvent désignés.

Conformation extérieure. — Les nerfs sont de couleur blanche; ils forment des cordons arrondis et pleins, que l'on ne confond pas avec les artères quand on prend l'habitude de leur contact. On y remarque des stries longitudinales, ordinairement très visibles, et indiquant les fibres qui constituent le nerf.

Les troncs nerveux diminuent de volume à mesure qu'ils fournissent des branches collatérales, qui se détachent presque toujours en formant un angle aigu avec le nerf, au moins pour les membres.

La surface du nerf est régulière, uniforme. On trouve cependant sur le trajet de tous les nerfs sensitifs, sans exception, un ganglion nerveux qui est l'apanage des nerfs de sensibilité. Comme nous le verrons plus loin, la plupart des ganglions sont situés près de l'origine des nerfs, au niveau des trous osseux.

Anastomoses. — Les anastomoses sont fréquentes; lorsqu'elles sont un peu nombreuses, elles constituent des plexus souvent inextricables, comme cela se voit pour les plexus pharyngien, solaire, hypogastrique, etc. Dans leurs anastomoses, les nerfs ne présentent jamais de fusion entre leurs fibres; ce sont simplement des fibres nerveuses qui se séparent d'un nerf pour se porter sur un autre et s'accoler à lui.

Il existe une anastomose particulière entre nerf sensitif et nerf moteur. Au point de fusion des racines antérieures et postérieures des nerfs rachidiens, au niveau des plexus et surtout aux extrémités terminales des nerfs, quelques fibres des nerfs sensitifs s'anastomosent avec les nerfs moteurs, par un trajet rétrograde et remontent à la moelle en suivant le trajet des racines antérieures auxquelles elles communiquent une certaine sensibilité dite *sensibilité récurrente.* La même chose existe pour les paires physiologiques craniennes.

§ 2. — STRUCTURE

Les nerfs sont composés de fibres nerveuses à myéline et de quelques fibres sympathiques, le tout protégé par du tissu conjonctif et alimenté par des vaisseaux sanguins.

Un nerf, un gros nerf surtout, peut être comparé à un arbre émettant des branches, des rameaux et des ramuscules.

Faisceaux de fibres nerveuses. — Les fibres nerveuses à myéline, entremêlées de quelques fibres sympathiques, sont groupées par *petits faisceaux,* ou *fascicules*, entourés d'une gaine spé-

ciale, *gaine lamelleuse* de Ranvier, d'une extrémité à l'autre du

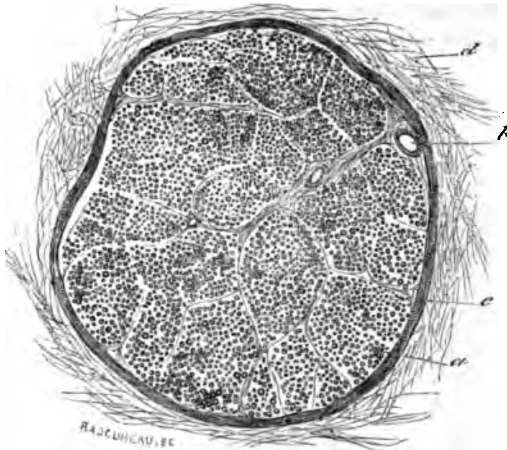


Fig. 310. — Coupe transversale d'un gros faisceau nerveux.

a, fibres nerveuses. — *b*, vaisseau sanguin sous la gaine lamelleuse. — *c*, gaine lamelleuse. *d*, tissu conjonctif interfasciculaire.

nerf. Les fibres terminales des nerfs sont entourées d'une gaine spéciale, la *gaine de Henle.*

Les faisceaux de fibres nerveuses s'envoient des anastomoses de distance en distance selon W. Krause. Ces anastomoses consistent en un échange de fibres, mais non en une division de ces filaments.

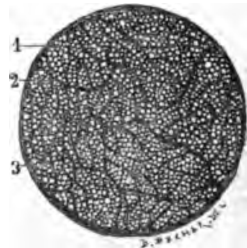


Fig. 311. — Coupe d'un fascicule nerveux.

1, gaine lamelleuse. — 2, cloison intrafasciculaire. — 3, fibre nerveuse.

Gaine lamelleuse des nerfs. — Cette gaine décrite autrefois par Ch. Robin, sous le nom de *périnèvre*, et considérée à tort par lui comme une membrane amorphe parsemée de noyau, peut être séparée du faisceau de fibres nerveuses qu'elle entoure, et renversée comme le bord d'une manche d'habit. C'est une formation du tissu conjonctif complètement différencié, et formée de lamelles disposées concentriquement, et parfaitement séparables, comme l'a démontré Ranvier en 1872 (fig. 312) (1).

(1) Ranvier (Louis-Antoine), né en 1835, professeur au Collège de France

Lamelles concentriques. — Ces lamelles, formées de tissu conjonctif, s'anastomosent entre elles par des lamelles intermédiaires. Il n'est pas rare de rencontrer dix à quinze lamelles superposées dans un faisceau nerveux.

Interstices lamellaires. — Chaque lamelle est composée de faisceaux de fibrilles conjonctives, parallèles ou entre-croisées, et de quelques fibres élastiques. Une substance intermédiaire, hyaline et analogue à celle de la trame des séreuses, unit solidement ces divers éléments. Des cellules du tissu conjonctif se rencontrent entre les lamelles.

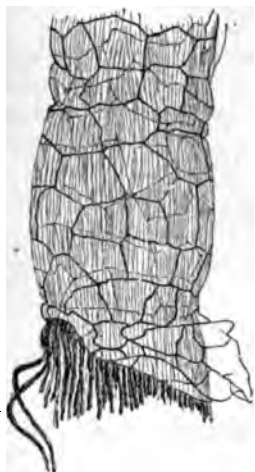


Fig. 312. — Gaine lamelleuse des nerfs, surface externe avec cellules endothéliales.

Cellules de la gaine lamelleuse. — Les lamelles les plus superficielles sont revêtues de cellules étoilées simulant à s'y méprendre un revêtement endothélial, mais les plus profondes, plus minces, présentent une couche de véritables cellules endothéliales.

Gaine du pneumogastrique. — Certains nerfs, comme le pneumogastrique du chien, sont composés d'un seul faisceau. La gaine unique de ce nerf est formée d'un grand nombre de lamelles superposées entre lesquelles on trouve également des séries de cellules.

Les cellules endothéliales qu'on trouve dans la gaine lamelleuse sont d'anciennes cellules fixes du tissu conjonctif aplaties par suite de la pression exercée à la face interne de la gaine lamelleuse par les fibres nerveuses amyéliniques au moment où elles se recouvrent de leur couche de myéline. Par suite du gonflement du faisceau l'accroissement des cellules du tissu conjonctif trouve une certaine résistance, d'où leur aplatissement.

Action des réactifs. — Si l'on traite par l'imprégnation d'argent

depuis 1875, époque où fut créée, pour lui, la chaire d'anatomie générale (ou histologie).

Ranvier a fait en histologie des découvertes innombrables, et toutes de premier ordre... Le plus considérable des maîtres contemporains en anatomie générale; il est aussi grand, plus grand peut-être, par ses travaux, par ses conquêtes en physiologie, que par ses découvertes en histologie proprement dite (Mathias Duval).

la gaine lamelleuse de ce nerf, on trouve à sa face interne un endothélium continu identique à celui qui existe dans la gaine de Henle. Ranvier a montré qu'il y a dans le pneumogastrique du chien autant de plans d'endothélium qu'il y a d'espaces interlamellaires.

Le carmin, l'hématoxyline et l'éosine colorent en rouge les feuillets des gaines lamelleuses, dont on distingue parfaitement le nombre avec un fort grossissement ; on dirait plusieurs feuilles de papier roulées en cylindre.

Lorsqu'on fait agir les matières colorantes, dont je viens de parler, sur des préparations fixées par l'acide osmique, on voit, entre les feuillets, des séries de cellules à noyaux colorés et à protoplasma mince et granuleux.

Gaine de Henle. — La gaine de Henle se rencontre dans les petits faisceaux nerveux formés même d'une seule fibre. Décrite par Henle, en 1843, cette gaine était considérée comme absolument transparente, amorphe et parsemée de noyaux, mais, en l'examinant de près, on a vu que chaque noyau est le centre d'une cellule dont on n'aperçoit les bords qu'à la suite de l'imprégnation par le nitrate d'argent. Ces cellules sont réunies par leurs bords, au moyen d'un ciment intercellulaire, comme les cellules qui forment la paroi des capillaires. En 1865, Hoyer a démontré, sur les rameaux nerveux qui se terminent aux corpuscules de Pacini, que ces cellules constituent une couche endothéliale continue à la face interne d'une simple couche de tissu conjonctif, analogue à la couche la plus interne de la gaine lamelleuse.

A l'intérieur de la gaine de Henle on trouve un liquide de nature inconnue, très peu abondant, qui ne contient aucun élément anatomique, aucun globule blanc, de sorte que ce n'est pas de la lymphe, et que, par conséquent, la gaine n'est point un manchon lymphatique. Élastique et incompressible, ce liquide, qu'on peut comparer au liquide céphalo-rachidien, est un milieu protecteur pour la ou les fibres nerveuses. L'acide osmique est sans action sur ce liquide (Renaut).

La gaine de Henle est très facile à étudier autour des nerfs sans myéline des cyclostomes.

Cette gaine est, en somme, une lamelle de la gaine lamelleuse tapissée à l'intérieur par des cellules endothéliales.

Névrites. — Sous l'influence directe des agents infectieux ou toxi-infectieux, ou de substances toxiques, et parfois après un simple refroidissement, on peut voir se développer dans les nerfs une lésion, le plus souvent indépendante des centres nerveux et

connue sous le nom de *névrite*. Comme on ne voit pas cette lésion sur un seul nerf, mais bien sur une région quelconque, on dit *polynévrite*. La lésion consiste en la dégénération des petits troncs nerveux et des faisceaux musculaires correspondants. Les cylindraxes et la gaine de myéline se détruisent et on voit souvent, dans un nerf, une certaine quantité de filets malades, au milieu de filets sains. *La lésion se trouve au maximum dans les nerfs les plus petits.*

Selon Gilles de la Tourette, dés névrites professionnelles peuvent se développer chez les ouvriers, à la suite d'ébranlements et de chocs répétés.

Tissu conjonctif. — Indépendamment de la gaine lamelleuse formée de tissu conjonctif condensé, les nerfs possèdent un tissu conjonctif lâche enveloppant le nerf et agglutinant entre eux les faisceaux de fibres nerveuses et même les fibres nerveuses dans les faisceaux.

Névrilème. — Ce tissu conjonctif, de la variété *lâche*, forme aux nerfs une enveloppe générale appelée *névrilème* (*épinèvre* d'Axel Key et Retzius).

Le névrilème se continue dans le canal rachidien, à la surface des racines des nerfs, et se confond avec la pie-mère dont il peut être considéré comme la continuation.

Tissu conjonctif interfasciculaire. — De la face interne du névrilème partent des cloisons interfasciculaires, névrilématiques, qui séparent les divers faisceaux du nerf. Ces cloisons, de même que l'enveloppe, renferment des fibres élastiques à direction longitudinale.

On trouve, dans les cloisons de *tissu conjonctif interfasciculaire* des vésicules graisseuses, parfois même des pelotons graisseux, des cellules fixes rameuses du tissu conjonctif et des cellules migratrices.

Tissu conjonctif intrafasciculaire (*endonèvre* d'Axel Key et Retzius). — A l'intérieur du faisceau nerveux, entre les fibres à myéline et les fibres de Remak, on trouve des cloisons très minces de tissu conjonctif avec ses faisceaux de fibres, ses cellules fixes et quelques cellules lymphatiques, mais sans fibres élastiques.

Deux variétés de tissu conjonctif dans les nerfs. — Il y a donc deux espèces de tissu conjonctif dans les nerfs, le tissu conjonctif *lâche* du névrilème, des cloisons interfasciculaires et intrafasciculaires, et le tissu conjonctif *modelé* des gaines lamelleuses et de la gaine de Henle.

Névromes. — Les éléments du tissu conjonctif des nerfs prolifèrent quelquefois et donnent naissance à de petites tumeurs qui portent le nom de *névromes*. Les fibres nerveuses ne participent pas à leur formation ; lorsqu'ils sont situés sur le trajet des fibres sensitives, ils sont très douloureux. Ils n'acquièrent jamais un grand volume. Ils sont *périphériques*, c'est-à-dire développés aux dépens du névrilème, ou *interstitiels* c'est-à-dire développés aux dépens des cloisons interfasciculaires.

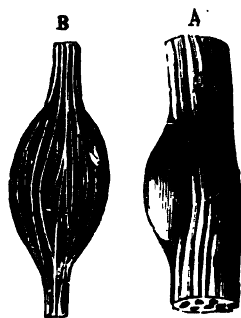


Fig. 313. — Névrome.
A, névrome périphérique. — B, névrome interstitiel.

Vaisseaux. — L'activité de la circulation sanguine est assez considérable dans les nerfs, aussi trouve-t-on dans les cloisons du tissu conjonctif des artérioles, des veinules et des capillaires vrais.

Les vaisseaux, partis du névrilème, sont situés dans les cloisons où ils forment un réseau à mailles longitudinales. Les capillaires seuls pénètrent dans la gaine lamelleuse et forment des mailles allongées autour des fibres nerveuses, mais il n'en existe pas dans la gaine de Henle, de sorte que les fibres nerveuses qui y sont contenues se nourrissent par imbibition.

Robin, assimilant la gaine lamelleuse au sarcolemme des muscles, n'admettait pas que les vaisseaux capillaires pénètrent dans le faisceau nerveux ; or, Pouchet, en 1867, et Ranvier, en 1872, ont démontré l'existence de mailles capillaires entre les fibres nerveuses à l'intérieur de la gaine lamelleuse.

Lymphatiques. — On n'a pas constaté de lymphatiques à l'intérieur du faisceau de fibres nerveuses, ni dans la gaine lamelleuse. Au moyen d'injections, on a vu des lymphatiques dans les cloisons du tissu conjonctif interfasciculaire. Ils vont vers le névrilème et suivent le trajet des nerfs jusqu'aux ganglions lymphatiques.

Nervi nervorum. — Plusieurs anatomistes, Sappey entre autres, ont trouvé des filets nerveux dans les cloisons interfasciculaires des nerfs. Ce dernier auteur les a appelés *nervi nervorum*. Il s'agit évidemment de nerfs vaso-moteurs accompagnant les artérioles.

§ 3. — ORIGINE DES NERFS

L'origine des nerfs diffère dans les nerfs craniens et dans les nerfs rachidiens. Les *nerfs craniens* naissent à la base de l'encéphale

ou sur la moelle allongée, et on a coutume de distinguer l'origine apparente et l'origine réelle de ces nerfs. L'*origine apparente* des nerfs craniens est le point d'où ils émergent des centres nerveux. Leur *origine réelle* se trouve dans les profondeurs des centres nerveux sur un groupe de cellules nerveuses d'où procèdent les fibres du nerf, et connu sous le nom de *noyau d'origine*.

Quant aux *nerfs rachidiens*, les trente et une paires s'attachent à la moelle de la même manière, par des racines antérieures, motrices, et des racines postérieures, sensitives.

Les racines antérieures et postérieures de chaque nerf, vues de face, forment un faisceau triangulaire dont la base repose sur la moelle et dont le sommet se dirige vers le trou de conjugaison correspondant.

Les racines des premiers nerfs cervicaux sont horizontales, puis elles deviennent de plus en plus obliques de sorte que celles des nerfs sacrés ont une longueur égale à l'espace qui sépare le point d'origine du nerf du trou de conjugaison correspondant. Il en résulte que les racines des derniers nerfs sacrés ont une longueur qui dépasse 25 centimètres.

Racines antérieures des nerfs rachidiens (1). — Elles prennent naissance sur le cordon antérieur, moteur, de la moelle épinière, par des fibres disposées en pinceaux irréguliers. Ces fibres, formées par des cylindraxes, ou prolongements de Deiters, nées sur les cellules de la corne antérieure de la moelle épinière, s'entourent de myéline en pénétrant dans la substance blanche, et d'une gaine de Schwann au moment où elles émergent de la moelle.

Les racines antérieures de chaque nerf se réunissent aux racines postérieures, *au delà du ganglion rachidien* (fig. 314).

Les racines antérieures des nerfs rachidiens sont uniquement des conducteurs cellulifuges ou centrifuges, elles portent aux muscles striés l'ébranlement nerveux qui en détermine la contraction.

Leur fonction. — Ces racines sont motrices. Quand on les

(1) La découverte du rôle moteur et sensitif des racines rachidiennes ne doit pas être attribué au chirurgien anglais, Charles Bell, comme le croient quelques auteurs, mais au physiologiste français, Magendie, en 1822. Les expériences les plus concluantes sont celles de Cl. Bernard, au collège de France, en 1858.

Bell (Charles), professeur à Londres, né en 1778, mort en 1842.

Pour disputer à Magendie, l'honneur d'avoir distingué les racines des nerfs rachidiens en sensitives et motrices. Charles Bell n'hésita pas à commettre tout une série de faux en écriture scientifique (Vulpian. *Leçons sur la physiologie du système nerveux*).

excite, on provoque des contractions dans les muscles auxquels les fibres nerveuses se distribuent.

Si on divise ces racines, l'excitation du *bout central* ne provoque aucune contraction et n'est nullement sensible aux excitations mécaniques.

Si on excite le *bout périphérique*, on remplace par des moyens

Fig. 314. — Coupe schématique de la moelle épinière de ses enveloppes, et origine des nerfs rachidiens.

A, sillon médian antérieur. — B, sillon médian postérieur. — 1, 2, 3, cordons antérieurs, latéraux et moyens. — 4, 4, cordons de Goll. — 5, corne antérieure. — 6, corne postérieure. — 7, 7, implantation des racines antérieures sur la moelle. — 8, implantation des racines postérieures. — 9, commissure blanche. — 10, commissure grise. — 11, 12, coupe du canal de l'épendyme. — 13, 13, coupe d'un gros vaisseau. — 14, coupe du tronc du nerf rachidien. — 15, ganglion des racines postérieures. — 16, 16, racines du grand sympathique ponctuées, mêlées aux racines des nerfs rachidiens. — 17, coupe du ligament dentelé. — 18, paroi osseuse. — 19, dure-mère. — 20, feuillet pariétal de l'arachnoïde. — 21, feuillet viscéral de l'arachnoïde.

mécaniques l'excitation naturelle venue des cellules nerveuses correspondantes ; les muscles auxquels se distribue ce bout périphérique entrent en contraction.

Sensibilité récurrente. — Ce bout périphérique est légèrement douloureux à cause de la présence de quelques fibres sensitives rétrogrades. On appelle cette sensibilité, *sensibilité récurrente.*

Les phénomènes de désorganisation qui se produisent au delà

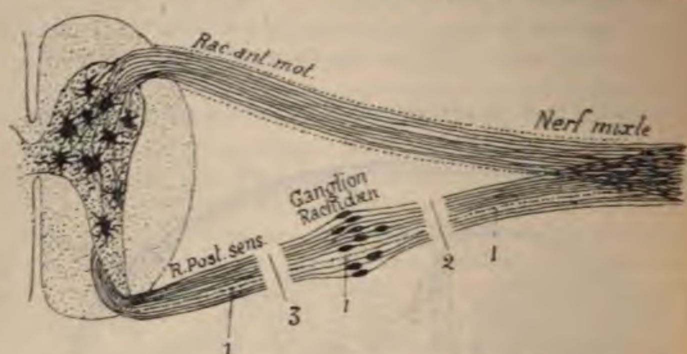


Fig. 315. — Schéma des racines des nerfs rachidiens servant à l'intelligence des faits de la méthode Wallérienne.

On voit dans les deux racines des filaments ponctués qui indiquent les filets sympathiques.

1, au milieu, ganglion rachidien. — 1, à gauche, bout central de la racine postérieure coupée en 3. — 1, à droite, bout périphérique des racines postérieures coupées en 2.

des racines nerveuses sectionnées prouvent que les fibres motrices des nerfs rachidiens ont leur *centre trophique* dans la corne anté-

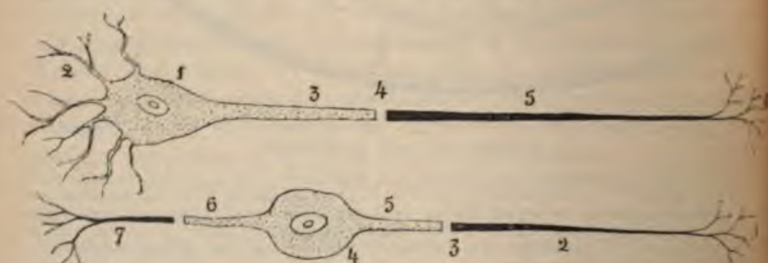


Fig. 316. — Dessin montrant le centre trophique des fibres nerveuses.

En haut, fibre motrice, avec la cellule motrice, son centre trophique. — 1, cellule motrice de la corne antérieure. — 2, dendrites. — 3, bout central non dégénéré après la section du nerf en 4. — 5, bout périphérique séparé de son centre trophique, et dégénéré après la section. — 6, ramifications terminales.

En bas, fibre sensitive, avec la cellule ganglionnaire, centre trophique. — 1, origine du prolongement protoplasmique. — 2, bout périphérique séparé de son centre trophique et dégénéré après sa section en 3. — 4, cellule ganglionnaire, centre trophique. — 5, bout périphérique resté sain et en communication avec son centre trophique, après la section. — 6, cylindraxe ou racine postérieure d'un nerf rachidien, resté sain après sa section. — 7, portion centrale du même cylindraxe, dégénéré après sa section.

rieure de la moelle épinière ; c'est-à-dire dans les cellules nerveuses motrices du type Deiters.

Racines postérieures des nerfs rachidiens (1). — Ces racines se mettent en rapport avec la moelle, comme les racines antérieures, par un faisceau triangulaire à sommet externe. Elles affectent la même disposition que les racines antérieures. Elles sont *sensitives*.

Les racines postérieures, si on les suppose partir de la moelle, traversent le *ganglion rachidien*, avant de se réunir aux racines antérieures. Au moment où les racines antérieures motrices et les



Fig. 317. — Coupe de la moelle, racine des nerfs rachidiens et ganglions.

1, ganglion rachidien sur le trajet des racines postérieures. — 2, cordon postérieur. — 3, cordon antérieur. — 4, cordon latéral. — 5, sillon médian postérieur et coupe des artères spinales postérieures. — 6, sillon médian antérieur et coupe de l'artère spinale antérieur,

racines postérieures sensitives se réunissent, leurs fibres se mélangent pour constituer le tronc du nerf rachidien, *nerf mixte*, c'est-à-dire composé de fibres sensitives et de fibres motrices, sans compter les fibres sympathiques.

La réunion des racines antérieures et postérieures se fait dans le petit canal que la dure-mère fournit au nerf rachidien correspondant. Le ganglion rachidien est donc situé dans le canal rachidien à l'entrée de ce petit canal fibreux.

La physiologie et la méthode wallérienne démontrent que la

(1) On pensait autrefois que les fibres sensitives des nerfs naissaient sur la moelle et on leur donnait, pour cette raison, le *nom impropre* de ra[illegible]-térieures. N'oublions pas que ces racines sont le point de term[illegible] fibres sensitives et non leur point d'origine.

moelle épinière n'exerce aucune action trophique sur les racines postérieures.

Leur fonction. — Qu'enseigne la physiologie ? Si on excite les racines postérieures, on provoque de violentes douleurs. Si on coupe les racines postérieures au delà du ganglion, entre le ganglion et le point de réunion des racines antérieures et postérieures on constate que l'*excitation du bout périphérique* est absolument sans effet. Aucune contraction ne se manifeste et l'animal en expérience n'accuse aucune douleur (fig. 315,2).



Fig. 318. — Racines des nerfs rachidiens et face postérieure de la moelle.

1, cordon postérieur. — 2, coupe du pédicule de la vertèbre. — 2, nerfs rachidiens mixtes. — 4, 4, racines postérieures coupées pour montrer le ligament dentelé 5, 5.

Mais *si on excite le bout central*, l'animal accuse de violentes douleurs, parce que le bout central continue à être en relation avec les centres nerveux et que ces fibres sont chargées de transmettre la sensibilité.

Si on coupe les racines postérieures entre le ganglion et la moelle, on obtient les mêmes résultats. C'est-à-dire que le bout périphérique, celui qui tient au ganglion, est insensible, tandis que le bout central, attenant à la moelle, conserve sa sensibilité comme dans le cas précédent (fig. 315,3).

Les nerfs rachidiens sont donc le siège de deux courants d'ondes nerveuses opposées : *courant cellulifuge* dans les racines antérieures, motrices, *courant cellulipète* dans les racines postérieures sensitives.

Faut-il en conclure que le ganglion ne sert à rien ? Nullement. La méthode wallérienne va nous apprendre que les ganglions rachidiens sont de petits centres nerveux périphériques et qu'ils sont le *centre trophique*, nutritif, non seulement des fibres sensitives des nerfs rachidiens, mais encore des racines postérieures, la moelle n'ayant sur elles aucune action trophique (1).

(1) L'action trophique des cellules nerveuses n'a rien de commun avec la nature du courant nerveux, comme le prouve la dégénérescence Wallérienne

Nous savons que, dans les neurones, la cellule nerveuse exerce une action trophique sur tous ses prolongements.

Si on divise les racines postérieures au delà du ganglion entre le ganglion et le point de réunion des racines antérieures et postérieures, que se passe-t-il ?

Le ganglion n'a aucune action sur la sensibilité ; mais il n'en est pas de même de la vitalité des fibres nerveuses. Si on étudie les deux bouts des racines postérieures après leur division au delà du ganglion, on voit que le bout périphérique dégénère et meurt, tandis que le bout central, tenant au ganglion, conserve sa vitalité.

Lorsqu'on coupe les racines postérieures entre le ganglion et la moelle, le bout central qui tient à la moelle dégénère, tandis que le bout périphérique, tenant un ganglion, reste absolument sain.

Conclusion. — Le ganglion rachidien est le centre trophique des racines postérieures, tant du prolongement protoplasmique (bout périphérique) que du prolongement cylindraxile (bout central).



Fig. 319. — Racines des nerfs rachidiens. La dure-mère est incisée et les bords de l'incision sont écartés avec des crochets.

1, un nerf rachidien traversant la dure-mère. — 2, 2, 2, dentelures du ligament dentelé, situé entre les racines antérieures et les racines postérieures des nerfs rachidiens qui ont été coupées pour montrer le ligament dentelé. — 3, 3, 3, nerfs rachidiens avec leurs racines et leurs ganglions. — 4, coupe d'un nerf rachidien au moment où il traverse la dure-mère.

Origine réelle des racines antérieures et terminaisons des racines postérieures des nerfs blancs. — Les nerfs moteurs tirent leur origine des cellules multipolaires de la corne antérieure de la moelle épinière et des noyaux d'origine des nerfs moteurs craniens.

Les nerfs sensitifs prennent leur origine dans les points sensibles, traversent le ganglion rachidien ou cranien, et se terminent à des cellules des centres nerveux, dites sensitives, moins connues que les cellules motrices.

des divers segments des racines postérieures des nerfs rachidiens. On sait, du reste, que les filets nerveux sont, par eux-mêmes, des conducteurs indifférents, qui ne servent absolument qu'à conduire les ondes nerveuses ; et on le prouve en transformant, expérimentalement, le nerf sensitif en nerf moteur, et le nerf moteur en nerf sensitif (fig. 316).

La terminaison des racines postérieures sensitives des nerfs rachidiens mérite de nous arrêter un instant.

Les *fibres sensitives des racines postérieures* des nerfs rachidiens ne se terminent pas seulement aux cellules de la corne postérieure de la moelle comme on l'a cru autrefois. Ces fibres après avoir traversé les cellules du ganglion rachidien, leur centre trophique, pénètrent d'abord dans la partie externe du cordon postérieur de la moelle et se divisent aussitôt à la manière des branches d'un T en branche ascendante et en branche descendante (voir *cordon postérieur* de la moelle).

Racines sympathiques. — Le grand sympathique prend naissance dans les centres nerveux par un grand nombre de racines mêlées aux nerfs rachidiens, principalement aux racines antérieures.

§ 4. — TERMINAISON DES NERFS

Quoique les nerfs sensitifs naissent des parties sensibles, périphériques, je considérerai, pour la facilité de la description, cette origine comme une terminaison. Je commencerai par les nerfs sensitifs pour la même raison qui me fait commencer l'étude des cordons de la moelle par le cordon postérieur. C'est en effet la voie de tout acte réflexe, donc l'*arc* commence à la fibre sensitive, se continue par l'articulation des neurones sensitif et moteur, pour se terminer dans les muscles par les fibres motrices.

Les terminaisons nerveuses ne doivent pas être envisagées seulement dans les nerfs *moteurs* et les nerfs *sensitifs*. Elles doivent être étudiées aussi dans les nerfs *sécrétoires* et dans les nerfs du *tissu conjonctif*.

Je commence par mettre de côté la terminaison des nerfs sensoriels qui sera décrite à part, et j'aborde immédiatement la terminaison des nerfs sensitifs.

Terminaison des nerfs sensitifs.

Depuis les nouvelles méthodes d'imprégnation, qui ont donné de si beaux résultats dans l'étude des éléments nerveux, on est arrivé à connaitre le mode de terminaison des nerfs. Je passerai en revue les terminaisons nerveuses dans les épithéliums, dans le derme de la peau et des muqueuses, dans les muscles et dans les tendons.

Il est à remarquer que si quelques nerfs sensitifs se terminent

par des extrémités franchement libres, la plupart présentent des renflements particuliers, des corpuscules au centre desquels s'épuise la fibrille nerveuse.

Terminaisons épithéliales. — Les *terminaisons épithéliales* ne sont connues que depuis 1866, époque à laquelle Cohnheim découvrit les nerfs de l'*épithélium de la cornée*. En 1868, Langerhans les observa dans l'épiderme. Plus tard, en 1880, Ranvier étendit ces connaissances à un grand nombre d'épithéliums (fig. 320).



Fig. 320. — Terminaisons épithéliales des nerfs.

1, derme. — 2, 3, 4, les couches de l'épiderme. — 5, fibres nerveuses. — 6, leurs cylindraxes se terminant dans le ciment interstitiel des cellules, accompagnés de cellules migratrices.

Au-dessous de la couche épithéliale, les cylindres-axes se ramifient en *plexus fondamental*, d'où partent de fines *fibres perforantes* qui traversent la lame vitrée sous-épithéliale. Entre la lame vitrée et la couche épithéliale profonde, les cylindraxes se divisent de nouveau pour former un *plexus sous-épithélial*. De ce plexus, des fibrilles pénètrent dans le ciment interstitiel, mou, des cellules épithéliales, et se terminent dans le voisinage de la surface libre des épithéliums par des extrémités libres, en forme de petits boutons. Jamais, dans les épithéliums pavimenteux stratifiés, les fibres nerveuses n'arrivent à la surface.

Dans l'*épiderme*, il en est de même et les fibrilles inter-épithéliales ne dépassent jamais le *stratum granulosum*. On trouve sur le trajet de ces fibrilles quelques *cellules migratrices* qui accompagnent les fibrilles.

Langerhans et Retzius ont étudié ces terminaisons d'une manière particulière. Ils ont constaté la présence d'un *bouton terminal*, quelquefois aplati et désigné sous le nom de *disque terminal*, ou *ménisque tactile*, à l'extrémité des fibrilles (Merkel, 1875 ; Ranvier, 1880).

Le ménisque tactile est une petite plaquette, concave du côté de la surface de l'épiderme, et contenant dans sa concavité une cellule épidermique, ovoïde, à protoplasma clair et à gros noyaux. Véritables *cellules sensorielles*. On les rencontre plus particulièrement à la pulpe des doigts, au voisinage des conduits des glandes sudoripares. Ranvier a donné à ces parties terminales

le nom de *terminaisons hédériformes* (du latin *hedera*, lierre), à cause de leur ressemblance aux feuilles de lierre (fig. 325).

Terminaisons nerveuses du derme de la peau et des muqueuses. — Les nerfs sensitifs de la peau et des muqueuses se terminent dans des corpuscules particuliers qui ont reçu le nom de *corpuscules du tact*. On en connaît aujourd'hui plusieurs variétés dont les principales sont : les corpuscules de Grandry, les corpuscules de Meissner, les corpuscules de Krause, et les corpuscules de Paccini.

Corpuscules de Grandry. — Les nerfs se terminent par des extrémités libres dans l'épaisseur de petits *corpuscules du tact* sphériques ou ovalaires, constitués dans leur forme la plus simple par deux cellules dites *tactiles sensorielles*, ayant une enveloppe conjonctive commune, et une fibre nerveuse qui se termine entre les cellules tactiles.



Fig. 321. — Corpuscules de Grandry.

A gauche, on voit le cylindraxe nu entre deux cellules sensorielles. A droite, le cylindraxe donne trois ramifications qui s'insinuent entre les quatre cellules sensorielles où elles forment le disque tactile.

La fibre nerveuse unique, en abordant le corpuscule de Grandry, se dépouille de sa gaine de Henle qui se confond avec la gaine du corpuscule, puis elle se dépouille de sa myéline et pénètre entre les deux cellules en formant un *disque tactile* aplati.

Si le corpuscule contient trois cellules tactiles, la fibreuse nerveuse se bifurque et donne naissance à deux disques tactiles. Il y en aura trois si le corpuscule est composé de quatre cellules.

Les cellules sont superposées de telle sorte que les deux cellules extrêmes ont une surface plane du côté des cellules aplaties du centre et une surface convexe du côté de la capsule (fig. 321).

Le corpuscule de Grandry étant situé entre les éléments du derme de la peau ou des muqueuses est une production du mésoderme ; ses cellules ne sont donc pas épithéliales, mais elles appartiennent au tissu conjonctif.

Ces corpuscules ont été découverts par Grandry dans la peau des bords du bec du canard (fig. 321).

Corpuscules de Meissner. — Les corpuscules de Meissner ou de Wagner (1852) sont des *corpuscules du tact*, plus volumineux que les précédents, dont ils n'en diffèrent que par un plus grand nombre de cellules tactiles superposées, de sorte qu'un petit corpuscule de

Meissner peut être dit corpuscule de Grandry, aussi bien que corpuscule de Meissner.

Le corpuscule de Meissner situé dans les papilles du derme



Fig. 322. — Corpuscule de Meissner, d'après Rouget.

1, enroulement des fibres nerveuses terminales. — 2. fibre nerveuse arrivant au corpuscule et se dépouillant de sa moelle. — 3, elle s'amincit. — 4, elle s'enroule.



Fig. 323. — Corpuscule de Meissner chez l'homme; on voit les noyaux des cellules sensorielles.

a, fibre nerveuse avec la myéline. — b, spirales de la fibre nerveuse. — c, noyaux des cellules.

a une enveloppe conjonctive continue avec la gaine de Henle. Il reçoit une ou plusieurs fibres nerveuses qui s'enroulent en spirale autour du corpuscule, de manière à fournir une fibrille au-dessus et au-dessous de chaque cellule tactile pour y former un *disque tactile*. Les dimensions des corpuscules de Meissner sont, en moyenne de 100 μ en longueur et de 70 μ en largeur.

Ranvier a fait remarquer que les cellules tactiles des corpuscules ont leur noyau excentrique, c'est-à-dire situé dans



Fig. 324. — Terminaison entre deux cellules sensorielles.

1, fibre nerveuse terminale. — 2. à gauche, gaine de Henle et un noyau. — 2, à droite, gaine de Schwann et un noyau. — 3, 3, terminaison du cylindraxe. — 4, noyaux des cellules sensorielles dont les limites ne sont pas apparentes.

la partie de la cellule qui forme la surface du corpuscul[e]
que ce noyau, chez le nouveau-né, est situé au centre de la

Dans quelques régions, les corpuscules se présentent avec un volume plus considérable, par exemple dans les papilles du gland et du clitoris, mais ils ne sont pas assez distincts des corpuscules de Meissner pour mériter le nom de *corpuscules génitaux* qu'on leur a donné.



Fig. 325. — Ménisques tactiles intra-épidermiques pris dans la peau du groin de porc (d'après Ranvier).

1, fibre nerveuse et ses ramifications. — 2, ménisque tactile — 3, cellule tactile sur le ménisque. On voit tout autour des cellules épithéliales.

Corpuscules de Krause. — Ces corpuscules du tact, étudiés par Krause dans le derme de la conjonctive, sont également formés de cellules superposées entre lesquelles les fibrilles nerveuses forment des sortes de disques tactiles après s'être débarrassé de leur myéline. Les corpuscules de Krause ont de 20 à 60 μ.

Corpuscules de Pacini (1). — Décrits aussi sous le nom de *corpuscules de Vater* (2) (1741) ces corpuscules du tact se trouvent dans le tissu cellulaire souscutané, notamment sur le trajet des nerfs collatéraux des doigts et des nerfs intercostaux, dans le tissu conjonctif périarticulaire, dans le périoste, dans le tissu conjonctif du mésentère. Pacini les étudia en 1830.

Les corpuscules de Pacini sont olivaires ; leur paroi est formée de lamelles, identiques pour la structure à celle qui forment la *ganie lamelleuse* du faisceau des nerfs. Au centre du corpuscule est une cavité centrale formée d'une substance granuleuse dans laquelle se termine la fibre nerveuse.

Les lamelles forment comme une série de capsules emboitées. La fibre nerveuse, au moment où elle aborde le corpuscule, perd sa gaine de Henle qui se confond avec la paroi du corpuscule. Elle pénètre à l'intérieur avec sa membrane de Schwann, sa myéline qu'elle perd bientôt, pour se terminer par deux ou trois ramifications libres avec *renflements terminaux* dans la substance granuleuse. Cette substance s'appelle *massue centrale*.

La substance de la massue centrale renferme des noyaux, et par conséquent des cellules à surface mal limitée ; on les appelle *cellules de la massue*. Les corpuscules de Pacini sont les plus volu-

(1) Pacini (Philippe), né en 1812, mort en 1883, professeur à Pise, puis à Florence.

(2) Vater (Abraham), né en 1684, mort en 1751, professeur à Wittemberg.

mineux des corpuscules ; il y en a qui ont deux millimètres de longueur.

Ces cellules de la massue sont probablement des *cellules sensorielles*, analogues à celles que nous avons vues dans les corpuscules déjà cités.

Petits corpuscules de Pacini. — On trouve, à l'extrémité des fibres nerveuses, des corpuscules de Pacini exactement semblables,



Fig. 326. — Surface d'un corpuscule de Pacini dont les cellules endothéliales superficielles ont été mises en évidence par le nitrate d'argent.



Fig. 327. — Coupe d'un corpuscule de Pacini.

a, terminaison de la massue centrale. — *b*, cylindraxe terminal. — *c*, fibre nerveuse perdant bientôt sa myéline. — *d*, couche lamelleuse.

quant aux parties centrales, à ceux que je viens de décrire, et dont ils ne diffèrent que par leurs capsules. Celles-ci, au lieu d'être emboîtées, comme dans les corpuscules de Pacini, sont réduites à une seule capsule mince contenant au plus deux ou trois lamelles conjonctives.

Ces corpuscules ont le volume des corpuscules de Meissner et sont décrits par quelques auteurs sous le nom de *massues terminales*. On en trouve dans les tendons au point d'union des faisceaux musculaires et des faisceaux tendineux.

Les petits corpuscules de Pacini existent aussi dans la conjonctive où Krause les a décrits sous le nom de *massues terminales*. De même dans la muqueuse du gland, du clitoris et de la langue.

On voit, en somme, que tous ces corpuscules ont entre

plus grande analogie et qu'ils ne diffèrent que par le plus ou moins grand développement des *cellules sensorielles*, qui forment la partie essentielle des corpuscules.

Il résulte de la description précédente que toutes les terminaisons nerveuses sensitives se font par des extrémités libres présentant un renflement dans lequel on trouve des cellules spéciales appelées *sensorielles.*



Fig. 328. — Corpuscule de Krause de la conjonctive (d'après Rouget).

1, fibre nerveuse terminale à myéline. — 2, gaine de Henle avec ses noyaux. — 3, terminaison du cylindraxe ayant abandonné la myéline et la gaine de Schwann. — 4, noyaux des cellules sensorielles peu apparentes.

Terminaison des nerfs sensitifs dans les muscles et les tendons. — En outre des nerfs moteurs, les muscles possèdent des nerfs sensitifs situés entre les faisceaux musculaires dans le tissu conjonctif interstitiel. Ce sont probablement les *nerfs du sens musculaire*, comme les nerfs des tendons, et leur excitation doit être produite par les faisceaux musculaires qui durcissent et grossissent pendant la contraction.

Les muscles ont donc des nerfs sensitifs, absolument indépendants des nerfs moteurs, qui se terminent dans les faisceaux musculaires, au-dessous du myolemme. Ce sont des filaments nerveux dont les extrémités libres cheminent entre les fibres striées, dans les cloisons du tissu conjonctif ou *périmysium interne.*

Les ramifications terminales perdent successivement la myéline, la gaine de Henle, la gaine de Schwann et se terminent par des ramifications cylindraxiles nues, dont les filaments, parallèles aux fibres musculaires, suivent leur direction longitudinale.

En outre des petits corpuscules de Pacini, situés à l'union des parties charnues et tendineuse des muscles, il existe des nerfs dans les tendons, nerfs destinés probablement, comme les précédents au *sens musculaire.* Les fibres nerveuses des nerfs environnants pénètrent dans les cloisons du tissu conjonctif qui séparent les faisceaux tendineux. Elles se ramifient et se résolvent en filaments du cylindraxe nu. Ceux-ci entourent les faisceaux tendineux en s'étendant à une certaine distance et se terminent par des extrémités libres arrondies, ou en forme de spatule.

Corpuscules de Golgi. — On trouve en outre chez l'homme, et aussi chez les oiseaux et les mammifères, de petits corpuscules, *corpuscules de Golgi*, décrits par Golgi en 1880, qui ne sont autre chose que la condensation de ces ramifications terminales en un seul groupe, généralement situé à l'union du tendon et du muscle. On voit deux, trois ou quatre fibres nerveuses atteindre un petit corpuscule de 1 millimètre de long sur un dixième de millimètre de large et se résoudre en fines ramifications terminales cylindraxiles, variqueuses et flexueuses, à la surface du faisceau tendineux. Le corpuscule est une sorte de *fuseau tendineux*, formé de deux ou trois faisceaux entremêlés de tissu fibreux et enveloppé d'une véritable *gaine lamelleuse* de tissu conjonctif, analogue à la gaine lamelleuse des faisceaux nerveux et formée de feuillets superposés, tapissés d'une couche de cellules endothéliales.

Terminaison des nerfs moteurs.

Dans les muscles striés. — Doyère, en 1830, signala sur la fibre musculaire une saillie formée de substance granuleuse, dans la-

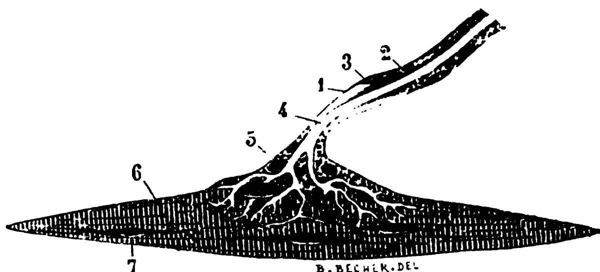


Fig. 329. — Terminaison des nerfs dans les muscles striés. Plaque motrice chez l'homme.

1, gaine de Henle se confondant avec le myolemme. — 2, myéline et gaine de Schwann. — 3, noyau de la gaine de Henle. — 4, cylindraxe et ses ramifications. — 5, noyaux. — 6, myolemme. — 7, noyaux du myolemme.

quelle se termine la fibre nerveuse. On donne à cette saillie le nom d'*éminence de Doyère*.

Rougel étudia la substance de cette éminence et la substance dans laquelle se ramifie le cylindraxe. Il donna à cette substance le nom de *plaque motrice* (1862). Ces études furent faites sur des vertébrés (lézards).

Krause, en 1863, Kühne et Gerlach en 1874, étudièrent le mode de terminaison des nerfs moteurs. Tous ont trouvé une arborisation

terminale des nerfs moteurs, qui se fait de différentes manières sur les divers animaux.

Plaque motrice. — Chez les vertébrés, lézards, et oiseaux mammifères, on trouve la *plaque motrice* de Rouget. La plaque motrice est formée d'une substance fondamentale (sarcoplasme ou protoplasme musculaire) parsemée de noyaux (noyaux fondamentaux ou noyaux musculaires) appliquée directement sur la substance musculaire. Au moment où la fibre nerveuse aborde le muscle elle possède sa myéline, sa gaine de Schwann et sa gaine de Henle. La *gaine de Henle* s'étale à la surface du myolemme et se confond avec lui. La myéline cesse d'exister et le cylindraxe, revêtu de la gaine de Schwann, perce le myolemme et forme une *arborisation terminale dans la substance de la plaque motrice*. Les branches de cette ramification se renflent de distance en distance, prennent un aspect moniliforme et se terminent par des extrémités libres effilées, arrondies ou renflées. On voit à leur surface quelques noyaux appartenant à la gaine de Schwann, qui se perd sur les ramifications.

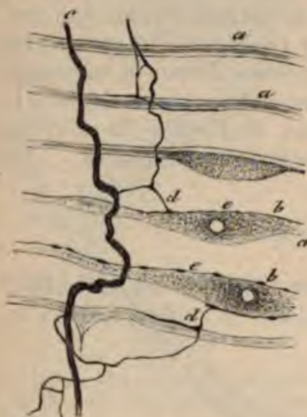


Fig. 330. — Terminaison des nerfs dans les fibres musculaires des culs-de-sac de l'estomac de la sangsue d'après Gscheidlen.

a, *a*, fibres lisses. — *c*, filet nerveux. — *d*, terminaison des fibrilles à la surface des fibres.

La plaque terminale présente trois sortes de noyaux : 1° une couche de noyaux superficiels appartenant à la gaine de Henle. Ces noyaux petits, granuleux sont dits *noyaux vaginaux* ; 2° des noyaux petits également, appliqués sur les branches ramifiées du cylindraxe ; ce sont les noyaux de la gaine de Schwann qui se perd sur les arborisations du cylindraxe ; on les appelle *noyaux de l'arborisation ;* enfin plus profondément, de gros noyaux clairs, brillants, qui sont les *noyaux fondamentaux* de la plaque motrice Cette description de la plaque motrice de Rouget est le résumé de celle de Ranvier.

Eminence de Doyère. — Ranvier a repris les observations de Doyère sur les insectes et il est arrivé au résultat suivant : la fibre nerveuse, naturellement dépourvue de myéline, possède une gaine qui se confond avec le myolemme, et le cylindraxe, absolument

nu, pénètre dans la substance granuleuse qui constitue l'éminence et y forme une arborisation terminale. La substance granuleuse de l'éminence est pauvre en noyaux parce qu'elle ne peut posséder les noyaux de l'arborisation (ces noyaux étant fournis par la gaine de Schwann, absente ici). On n'y trouve qu'un ou deux noyaux fondamentaux.

Buisson de Kühne. — Sur la grenouille, Ranvier a observé le buisson terminal observé par Kühne. Les ramifications et la fibre nerveuse existent en partie en dehors, en partie en dedans du myolemme. En effet la fibre nerveuse se ramifie à l'extérieur du myolemme et les ramifications sont toutes pourvues de myéline, avec gaine de Schwann et gaine de Henle. Puis, chacune de ces ramifications traverse le myolemme en perdant sa myéline et sa gaine d'Henle qui se confond avec le myolemme. Elle pénètre avec sa gaine de Schwann et se ramifie au-dessous du myolemme. Le buisson de Kühne est donc formé de deux parties ; la *première partie du buisson* est extérieure au myolemme, la *seconde partie du buisson* est intérieure.

Les arborisations terminales intérieures diffèrent de ce qu'elles sont chez les autres animaux. Elles sont régulières et non moniliformes, elles forment des *tiges terminales* parallèles aux fibrilles musculaires et présentent à leur surface quelques *noyaux de l'arborisation*, enfin la substance granuleuse et les noyaux fondamentaux, qui forment la plaque motrice, manquent totalement.

Qu'on considère la plaque motrice, l'éminence de Doyère ou le buisson de Kühne, on voit que dans tous les cas on constate l'*arborisation terminale* du cylindraxe et le contact de celui-ci avec la substance musculaire.

Dans les muscles lisses. — La terminaison des nerfs dans les muscles lisses a été étudiée par Trinchesi en 1867, Hénocque en 1870, et Ranvier, en 1880. Ranvier a fait cette étude sur l'escargot et sur les culs-de-sac gastriques de la sangsue, dont les fibres lisses, longues et écartées, ont été traitées par le chlorure d'or.

La terminaison des fibres nerveuses vaso-motrices du grand sympathique se fait par un petit bouton terminal appliqué à la surface de la fibre lisse ; on l'appelle *tache motrice*. Parfoi fibre se résoud en un bouquet terminal, comme chez l'esca Il est probable que chaque fibre lisse est en rapport avec ramification du cylindraxe. Les terminaisons nerveuses sont les mêmes dans les muscles lisses et dans les es strié

ramifications dans les deux espèces de muscles étant situées à la surface de la substance musculaire.



Fig. 331. — Terminaison des nerfs vaso-moteurs dans les fibres normales des artérioles (Van Gehuchten).

Dans les chromoblastes. — Il existe deux espèces de cellules pigmentaires, celles qui tirent leur origine des *épithéliums*, et dans le protoplasma desquelles se développe du pigment, et celles qui résultent de la production du pigment dans les corpuscules du tissu conjonctif, c'est-à-dire dans les cellules du mésenchyme primitif. On donne à ces dernières le nom de *chromoblastes*.

Tout le monde sait que certains lézards changent facilement de couleur, surtout lorsqu'ils sont en colère. Cela prouve que le système nerveux joue un rôle dans ce changement de coloration, qui est dû à des modifications dans la forme des chromoblastes. Ceux-ci sont très abondants dans le derme de ces animaux et les granulations pigmentaires de ces chromoblastes ont une couleur variable, verdâtre, jaune ou noire. Le protoplasma des chromoblastes présente des mouvements amitoïdes très actifs, de sorte qu'ils changent à chaque instant de forme. Leurs pseudopodes s'étendent à la lumière du soleil et la peau se colore ; ils se rétractent à l'obscurité et la peau devient plus claire.

Les mouvements des chromoblastes sont régis par les nerfs que l'on a pu suivre jusqu'aux cellules. Les filets nerveux se terminent à leur surface, comme sur les fibres musculaires par une arborisation appelée *buisson terminal*, ainsi que l'ont montré, en 1895, Eberth et Bunge, au moyen de la méthode de Golgi.

Terminaison des nerfs sécrétoires. — Ces nerfs ont été soupçonnés depuis longtemps par les physiologistes. Kupffer, en 1874 les avait étudiés incomplètement, Au moyen de la méthode de Golgi, deux italiens, Fusari et Panasci, et un peu plus tard Arns-

tein, 1895, sont parvenus à constater le mode de terminaison des nerfs, sur les glandes salivaires, les glandes sudoripares, le pancréas, etc. Le cylindraxe perce la paroi du cul-de-sac glandulaire et la lame vitrée qui le double, puis il se ramifie à la surface même des cellules glandulaires, comme on peut le voir dans la figure 249.

Terminaison des nerfs dans le tissu conjonctif. — Il règne encore une grande obscurité sur cette question. Le tissu conjonctif renferme évidemment des terminaisons nerveuses, mais si on excepte les corpuscules de Pacini et les corpuscules de Golgi des tendons, on constate la pauvreté de nos renseignements. P. Jacques a constaté dans la dure-mère des terminaisons nerveuses libres (1896). C'est tout ce que nous savons aujourd'hui.

§ 5. — INFLUENCE DES NERFS SUR LA CIRCULATION

Il n'a été question jusqu'ici que de la sensibilité et du mouvement sous l'influence des nerfs. Les nerfs exercent une action manifeste sur la circulation, par l'intermédiaire des fibres vaso-motrices, issues du grand sympathique, se rendant aux ganglions rachidiens et se mélangeant aux fibres nerveuses qui en émanent.

Stricker, 1876, cité par Renaut, montra que l'excitation du bout périphérique des racines postérieures du sciatique, divisées, est suivie d'élévation de température dans le territoire de ce nerf. Le fait, ajoute Renaut, fut vérifié et reconnu exact par Dastre et Morat. A lire ces lignes, on croirait vraiment que cette expérience est toute récente. Claude Bernard, cependant, et après lui Vulpian avaient fait des expériences très nombreuses concernant l'action du grand sympathique sur la circulation.

On sait que l'élévation de la température dans les membres est due à l'excitation de rameaux sympathiques, et de plus à l'action de rameaux vaso-dilatateurs. (Voir *Grand sympathique* pour l'explication.) Ramon y Cajal, en 1890, a pu suivre par la méthode au chromate d'argent, chez l'embryon du poulet, des cylindraxes venus des racines postérieures, ne se divisant pas dans la moelle comme les racines postérieures et se portant directement vers les cellules de la corne antérieure du même côté.

Lenhossek, 1890, constata que des cylindraxes partis des cellules de la corne antérieure de la substance grise de la moelle sortent en arrière par le sillon collatéral postérieur et traversent le ganglion rachidien sans communiquer avec ses cellules, ce que nous verrons plus loin en étudiant la structure du ganglion.

Ch. Bonne, de Lyon, a étudié la question au moyen de la méthode

Wallérienne. Coupant les racines postérieures d'un nerf rachidien, entre la moelle et le ganglion, Bonne a constaté la présence d'un petit nombre de fibres nerveuses dégénérées dans le bout périphérique ou ganglionnaire. Cela prouve que des fibres s'étendent de la moelle vers la périphérie en traversant le ganglion. Pour comprendre cette expérience, il suffit de se rappeler que le ganglion est le centre trophique des racines postérieures, et que celles-ci ne peuvent pas dégénérer entre le ganglion et le point de section. Les fibres dégénérées, constatées dans la racine des nerfs, le sont également dans les branches périphériques.

Dès 1852, Aug. Waller avait constaté qu'après la section des racines postérieures entre la moelle et le ganglion, le bout central ou médullaire ne contenait pas plus de 3 p. 100 de fibres normales contre 97 p. 100 de fibres dégénérées ; les fibres normales appartenaient au grand sympathique, à direction centrifuge tandis que les fibres dégénérées, à direction centripète, avaient le ganglion pour centre trophique (Voir *Nerfs sympathiques*).

§ 6. — SENSIBILITÉ RÉCURRENTE

Cette expression est impropre. Il eût même valu dire *sensibilité des nerfs moteurs*, car la *sensibilité récurrente* se manifeste sur le bout périphérique d'un nerf divisé.

Elle a été découverte par Magendie.

Expériences. — 1° Divisez le tronc du nerf facial (nerf moteur) sur un chien. Le bout central du nerf divisé est insensible aux irritations mécaniques ; le bout périphérique est sensible.

2° Divisez les racines antérieures (motrices) des nerfs rachidiens sur un animal. Le bout central est insensible, et le bout périphérique est pourvu de sensibilité.

Cette sensibilité du bout périphérique du nerf moteur divisé est transmise aux centres nerveux par des filets sensitifs anastomotiques.

Explication. — Il y a donc dans les nerfs moteurs, des fibres nerveuses sensitives qui viennent des nerfs sensitifs et qui retournent à la moelle par la voie des nerfs moteurs. Ces fibres sensitives pénètrent dans la moelle avec les racines antérieures motrices.

Le point où les fibres sensitives pénètrent dans le nerf moteur est multiple : 1° au point où le nerf mixte se constitue, au delà du ganglion rachidien ; 2° dans les plexus et, 3° surtout aux extrémités terminales des nerfs.

Cl. Bernard a donné le nom de *paire nerveuse physiologique* l…

l'union physiologique d'un nerf moteur et d'un nerf sensitif; exemple : nerf facial et trijumeau, racines antérieures et postérieures d'un même nerf rachidien.

Arloing et Tripier (1869, *Arch. de Phys.*) ont divisé trois nerfs collatéraux sur le doigt d'un chien ; le bout périphérique était sensible. Puis ils ont sectionné le quatrième nerf et l'insensibilité du bout périphérique a été absolue.

La sensibilité récurrente a été découverte deux fois. Magendie et Longet l'avaient d'abord constatée, puis ils ne la retrouvèrent plus. Plus tard, Cl. Bernard la découvrit de nouveau, et fit voir qu'elle ne se montre qu'après que l'animal est remis de l'épuisement nerveux dans lequel le jette l'opération qu'on est obligé de faire sur lui pour l'expérience. C'est pour ne pas avoir observé ce phénomène que Magendie ne sut pas retrouver cette sensibilité, qu'il avait constatée plusieurs fois. Cl. Bernard fait voir, à l'appui de son assertion, que la sensibilité récurrente existe toujours sur le bout périphérique du facial, parce que la mutilation, nécessaire pour découvrir ce nerf, est insignifiante.

§ 7. — MÉTHODE WALLÉRIENNE

(Dégénération et régénération des fibres nerveuses séparées de leurs centres trophiques.)

Quand les fibres nerveuses cessent de communiquer avec leurs cellules nerveuses trophiques, soit après section accidentelle ou expérimentale des nerfs, soit à la suite de lésions ayant détruit un groupe plus ou moins considérable de cellules nerveuses, il se produit dans les nerfs, des altérations particulières que nous allons étudier. Ces altérations consistent dans une dégénération du bout périphérique du nerf, ainsi que du bout central.

Nasse est le premier qui ait fait connaître cette sorte de dégénération dans le bout périphérique du nerf divisé. Les travaux de Waller, de Shiff, de Vulpian et de Ranvier nous ont appris tout ce que nous savons aujourd'hui sur ces altérations.

En 1852, Waller a proposé d'utiliser ces lésions pour suivre les ramifications nerveuses dans leurs anastomoses, autrement dit pour *disséquer physiologiquement* des rameaux nerveux que le scalpel est impuissant à découvrir. A l'aide de ce procédé, on peut suivre les filets terminaux de la corde du tympan dans l'épaisseur de la langue. Il en est de même pour l'étude de la branche interne du spinal, qui se jette dans le pneumogastrique, etc.

Rien n'est plus intéressant que la recherche des filets nerveux

dégénérés. On s'est servi de la méthode Wallérienne pour poursuivre dans les centres nerveux des faisceaux de fibres inconnues jusqu'alors.

C'est par la méthode Wallérienne qu'on est arrivé à connaître des faisceaux importants dans la moelle et dans le cerveau. L'étude des parties dégénérées nécessite naturellement l'emploi du microscope.



Fig. 332. — Racines des nerfs rachidiens ; fragment de moelle vue par derrière.

1, 1, cordons postérieurs. — 2, 2, coupe des pédicules des vertèbres. — 3, 3, nerfs rachidiens. — 4, 4, racines postérieures sensitives divisées pour montrer le ligament dentelé. — 5, 5, ligament dentelé.

Les *neurones moteurs centraux* ont leurs cellules, leur centre trophique, dans les cellules pyramidales de l'écorce du cerveau. Du centre trophique, les cylindraxes descendent vers la moelle épinière pour communiquer avec les cellules motrices des cornes antérieures.

Si l'on coupe un pédoncule cérébral, les fibres motrices venues des cellules pyramidales dégénèreront au-dessous de la section, c'est-à-dire dans la moelle épinière, et d'après les lois de la dégénération des nerfs, la désorganisation des fibres nerveuses devra être *descendante* jusqu'au point de terminaison de ces fibres, dites *cortico-médullaire*. C'est ainsi qu'on a pu poursuivre les faisceaux pyramidaux venus des cellules de l'écorce cérébrale. Ces faisceaux pyramidaux descendent dans l'étage inférieur des pédoncules cérébraux, font partie des pyramides du bulbe rachidien et se terminent dans les cornes antérieures de la moelle épinière.

C'est encore par la méthode Wallérienne qu'on est arrivé à constater, après section des racines postérieures, entre le ganglion et la moelle, que les filets nerveux séparés de leur ganglion et dégénérés cheminent dans l'épaisseur des cordons postérieurs de la moelle, qu'ils parcourent, pour se terminer dans les neurones sensitifs centraux.

D'après ce que nous avons vu de l'action trophique des cellules nerveuses sur les filets nerveux, on peut tirer les conclusions suivantes :

Expériences. — 1° Lorsqu'on coupe les racines antérieures des nerfs rachidiens, le bout périphérique se désorganise, parce qu'il est séparé de son centre trophique et le bout central conserve en partie son intégrité, parce qu'il reste en continuité avec ses cellules trophiques.

2° Si on coupe les racines postérieures entre le ganglion et le nerf mixte, le bout périphérique se désorganise aussi et le bout attenant au ganglion reste indemne, ce qui s'explique puisque le ganglion est le centre trophique des fibres sensitives.

3° Quand on coupe la racine postérieure, entre la moelle et le ganglion, c'est le bout resté en connexion avec le ganglion qui demeure intact, pendant que le bout adhérent à la moelle se désorganise; ce qui veut dire que les cellules trophiques des racines postérieures se trouvent dans le ganglion rachidien et non dans la moelle épinière.

Lésions consécutives à la section.

La séparation d'un nerf de son centre trophique ne produit pas seulement des altérations sur le bout périphérique ; cette séparation affecte aussi le bout central et les cellules nerveuses trophiques, et, pour les nerfs moteurs, les muscles auxquels ce nerf se distribue.

1° Bout périphérique. — a. *Fibres nerveuses à myéline.* — Le premier phénomène de désorganisation se montre dans le cylindraxe, qui devient pour le nerf un corps étranger et qui produit un travail irritatif du segment annulaire correspondant.

A la fin du *premier jour*, chez le lapin, on voit d'abord se manifester ce travail irritatif sur le noyau du segment inter-annulaire; son nucléole devient plus brillant, et le protoplasma qui l'entoure augmente de volume et se creuse dans la myéline une loge plus profonde qu'à l'état normal.

A la fin du *deuxième jour*, le même phénomène s'accentue, la masse de protoplasma devient tellement volumineuse qu'elle arrive au contact du cylindraxe.

Jusqu'au *huitième jour*, le protoplasma des incisures de Schmidt et de Lantermann subit la même hypertrophie et atteint également le cylindraxe, de sorte que la myéline du segment inter-annulaire se trouve divisée en petites portions. C'est le phénomène de la *segmentation de la myéline*. La myéline se trouve réduite en petites boules irrégulières. La cellule hypertrophiée, dont je viens de parler, prolifère, et cette prolifération produit l'atrophie des boules de myéline qui se réduisent en fines gouttelettes et disparais-

sent insensiblement. Il est probable que la substance de la myéline se trouve absorbée, à l'état de savon, par les éléments voisins, car les cellules lymphatiques, les cellules conjonctives, les cellules endothéliales de la gaine lamelleuse des nerfs et celles des vaisseaux s'infiltrent de granulations graisseuses.

Pendant que la myéline se segmente, le cylindraxe s'altère de son côté. Vers le troisième jour, le protoplasma, augmenté de volume par le processus irritatif, détermine la brisure du cylindraxe qui, vers le huitième jour, est réduit en petits fragments.

Au dixième jour, il ne reste plus ni myéline, ni cylindraxe, leur substance ayant été absorbée par le protoplasma des cellules en prolifération. A ce moment, les gaines de Schwann sont remplies de masses protoplasmiques contenant des noyaux et des granulations graisseuses, et quelques débris de boules de myéline.

Le processus est terminé, le protoplasma cesse de s'accroître et de se multiplier. Il s'atrophie insensiblement, et, un mois après la section du nerf, on trouve dans les gaines de Schwann un protoplasma atrophié avec des noyaux.

2° Bout central. — Les modifications du bout central sont importantes à connaître. Elles ne ressemblent pas à celles du bout périphérique.

Dans toute l'étendue du segment interannulaire coupé, la myéline devient granuleuse.

L'extrémité de quelques cylindraxes, qui ont été soumis à un certain degré de traumatisme pendant la section du nerf, est détruite dans une petite étendue par les cellules migratrices qui absorbent une partie du cylindraxe et de la myéline; quelques-unes pénètrent dans la gaine de Schwann et se chargent de granulations graisseuses.

Au *troisième jour*, l'extrémité des cylindraxes s'hypertrophie légèrement de manière à former un prolongement conique semblable à celui que l'on observe aux extrémités des nerfs en croissance chez l'embryon et connu sous le nom de *cône d'accroissement*. Vers le *dix-huitième jour*, la fibre nerveuse bourgeonne et la régénération commence.

Fibres grises, amyéliniques ou sympathiques. — Les fibres de Remak subissent une altération analogue, mais on n'y trouve pas, naturellement, la segmentation de la myéline. On y constate simplement une abondante prolifération des noyaux, une atrophie du cylindraxe, comme dans le cas des fibres à myéline.

Il en est de même sur les ramifications périphériques des nerfs à myéline qui ne possèdent plus cette matière grasse; le proces-

sus consiste toujours dans l'hypertrophie du protoplasma, la prolifération des noyaux et la destruction du cylindraxe.

3° Cellules nerveuses trophiques. — Selon Hayem, Marinesco et Nissl, l'arrachement et la résection du nerf sciatique amènent une dégénérescence atrophique des cellules nerveuses de la substance grise correspondant au point d'insertion du nerf sur la moelle.

Lorsqu'on sectionne un nerf moteur, dit Van Gehuchten, les cellules nerveuses correspondantes s'altèrent. La substance chromatique se désorganise au bout de quelques jours et le bout central du nerf coupé reste intact. Mais dès que la substance réticulée, achromatique, est intéressée, la lésion est sans remède et le bout central s'atrophie en même temps que la cellule correspondante s'altère et disparaît. Marinesco et Nissl nomment *réaction à distance* cette lésion consécutive à la division expérimentale des nerfs moteurs.

4° Eléments accessoires du nerf (vaisseaux et tissu conjonctif). — Pendant que les fibres nerveuses dégénèrent, le tissu conjonctif interfasciculaire s'altère. Les cellules endothéliales des vaisseaux se tuméfient, présentent des vacuoles et des granulations graisseuses. Il en est de même des cellules fixes et des cellules endothéliales de la gaine lamelleuse, mais à un moindre degré. Pendant les premiers jours, les cellules du tissu conjonctif avoisinant les fascicules de fibres se chargent de gouttelettes graisseuses.

Comment la myéline qui est une substance grasse, peut-elle ainsi passer en dehors de la fibre nerveuse? C'est qu'elle est devenue soluble, étant transformée en un savon organique. Etant soluble, elle devient dialysable et passe à travers la membrane de Schwann. Une fois qu'elle a pénétré dans le protoplasma des cellules, celui-ci l'élabore et la reconstitue à l'état de graisse.

5° État des muscles. — L'*excitabilité* des nerfs divisés diminue graduellement à partir du moment de la section jusqu'au quatrième jour, où elle a complètement disparu; l'excitabilité des fibres motrices se perd *du point sectionné vers les muscles;* celle des fibres sensitives se perd, au contraire, *du point sectionné vers la moelle.*

Peu de jours après la section, *la contractilité musculaire diminue*, en même temps que *les éléments musculaires s'altèrent.* Cette altération consiste en une diminution progressive du diamètre des faisceaux primitifs; quelques faisceaux s'atrophient complètement

et disparaissent. Longet a fait observer que la contractilité se conserve pendant *plus de douze semaines après la section des nerfs.*

Ces modifications dans la structure et les fonctions du muscle tiennent-elles à la section des fibres motrices du nerf, de ses fibres sensitives ou de ses fibres sympathiques ?

Quelle est la cause de l'altération des muscles ? Ce n'est pas le repos auquel les muscles sont condamnés, puisque les muscles conservent leur structure et leurs fonctions dans les membres inférieurs des paraplégiques.

Ce n'est pas l'irritation qui se propage aux muscles à partir du point de section, puisque l'altération musculaire se montre de la même manière et avec la même rapidité, quel que soit le procédé employé pour diviser le nerf.

Ce n'est pas une lésion vasculaire du muscle, car les vaisseaux restent sains.

Ce n'est pas davantage la propagation du travail de dégénérescence du nerf au muscle, puisque la réparation du muscle n'a pas lieu lorsque le bout périphérique du nerf moteur se répare sur place.

Pour que le muscle se régénère, il faut que le bout périphérique du nerf se restaure et communique avec les centres nerveux; il faut, en un mot, que le muscle subisse l'influence des centres nerveux, comme l'a démontré Vulpian dans un mémoire lu à l'Académie des sciences, dans la séance du 8 avril 1872.

La véritable cause de cette altération *réside donc dans la solution de continuité qui existe entre le muscle et les centres nerveux, ceux-ci exerçant une action trophique (nutritive) sur les muscles, comme sur les nerfs moteurs eux-mêmes*, car la cause de la dégénérescence du nerf moteur est la même.

Les expériences que Vulpian a faites sur les animaux répondent à cette question : *les altérations des muscles sont dues à la section des fibres nerveuses motrices.*

1re Expérience : la section du nerf lingual n'amène aucune modification des muscles de la langue ; *celle de l'hypoglosse amène rapidement l'atrophie des muscles.*

2e Expérience : *la section du nerf facial* sur le plancher du quatrième ventricule, au moment où ses fibres motrices prennent leur origine réelle sur leurs noyaux d'origine (section faite dans l'épaisseur de la protubérance) *produit la dégénérescence du nerf* et s'accompagne de l'*atrophie des muscles de la face.*

De ce qui précède on doit conclure qu'une paralysie consécutive à la section d'un nerf est incurable au bout d'un certain temps.

Régénération des nerfs dégénérés à la suite de leur séparation du centre trophique.

Nous allons examiner comment naissent les fibres nouvelles. Waller croyait que chaque fibre nerveuse donnait naissance à une nouvelle fibre (1852).

Remak, 1862, remarque que deux ou trois fibrés à myéline minuscules se développent dans les anciennes gaines de Schwann.

D'où viennent ces fibres? Ranvier (1871 à 1873) a montré qu'elles naissent de l'extrémité des cylindraxes du bout central. Chaque cylindraxe se comporte comme un arbre coupé au pied et qui donne des rejets multiples.

Le cône du bout central végète et produit de nouveaux cylindraxes, en sorte que le bout central, allongé de plus en plus, donne des filaments fins et déliés qui vont à la rencontre du bout périphérique.

Le bout central fait tous les frais de la restauration et il se porte vers le bout périphérique dégénéré. Autour des cylindraxes contenus dans le cône d'accroissement, il n'y a pas encore de myéline, mais il se développe autour d'eux des *cellules de Vignal*, issues des corpuscules du tissu conjonctif du voisinage. Ces cellules deviendront plus tard des segments interannulaires dans lesquels se développera la myéline.

Au moment où le cône d'accroissement atteint l'extrémité du bout dégénéré, les cylindraxes s'insinuent entre les anciennes gaines de Schwann, ou pénètrent dans leur intérieur pour influencer les anciens cylindraxes et ramener les fibres nerveuses à leur état primitif, c'est-à-dire formées d'un cylindraxe, de myéline et de gaine de Schwann.

Si l'écartement des deux bouts dépasse 6 centimètres, la régénération complète du nerf, altéré à la suite de la section, ne peut avoir lieu (Vulpian).

Pour franchir l'intervalle qui sépare les deux bouts du nerf, l'allongement du cône d'accroissement est lent, mais lorsque ce cône a atteint le bout périphérique, la restauration, la régénération, marche, selon Vanlair (*Arch. de Biol.* de Van Beneden, 1893), avec une vitesse moyenne de 1 millimètre par jour.

Ces phénomènes de restauration se produisent de la même manière dans les nerfs sensitifs, moteurs et mixtes.

Restaurations chirurgicales. — On a publié (Laugier, Richet) des réunions immédiates de nerfs divisés et de retour de la sensibilité à la suite d'une section du nerf médian. On voit par ce qui

précède que la dégénération du bout périphérique est fatale et qu'une restauration immédiate est impossible. On a confondu dans ces cas, ainsi que l'ont fait remarquer Arloing et Tripier (*Arch. de phys.*, 1869) la sensibilité récurrente avec la sensibilité normale.

Moyens de faciliter la réparation. — On voit, d'après ce qui précède, que l'écartement des deux bouts du nerf divisé est le principal obstacle à la régénération. Il faut donc, dans les cas de section des nerfs, rapprocher le plus possible les deux bouts au moyen d'une suture, qui accole les bouts ou qui les maintienne à une faible distance. Lorsque les sutures sont impraticables, on peut interposer entre les deux bouts du nerf un drain en ostéine, ou un fragment de nerf vivant de même volume, fragment qui dégénérera mais dont les gaines de Schwann pourront servir de guide aux cylindraxes qui font suite aux cônes d'accroissement.

§ 8. — DÉVELOPPEMENT

Lorsque les nerfs se constituent, le cylindraxe, d'origine ectodermique, bourgeonne et les éléments mésenchymateux du mésoderme font les frais du reste. Les cellules à mouvements amiboïdes du mésoderme s'insinuent entre les cylindraxes et autour d'eux. Les unes deviennent *cellules de Vignal* et donnent naissance à la myéline et à la gaine de Schwann, les autres se transforment en cellules de tissu conjonctif, dont la substance intercellulaire se segmente bientôt en faisceaux de fibrilles (voy. *Développement des fibres nerveuses et des centres nerveux*).

ARTICLE IV

GANGLIONS NERVEUX

On trouve, en dehors de l'axe cérébro-spinal, de petits centres nerveux périphériques ; ce sont les *ganglions nerveux*, situés sur le trajet des nerfs sensitifs.

Il en existe trente et une paires sur le trajet des racines postérieures des nerfs rachidiens, *ganglions rachidiens*. On trouve un certain nombre de ganglions sur le trajet des nerfs craniens : ganglions de Gasser, ophtalmique, sphéno-palatin, otique, sous-maxillaire, de Wrisberg, d'Ehrenritter, jugulaire, plexiforme, etc. Il faut encore citer les nombreux *ganglions sympathiques* et un

grand nombre de *petits ganglions* qu'on rencontre sur le trajet des ramifications issues de ces ganglions.

Indépendamment de ces centres nerveux périphériques, on trouve encore des cellules nerveuses, groupées en petit nombre, et même isolées, formant de tout petits ganglions, quelques-uns unicellulaires, suspendus aux ramifications nerveuses comme des fruits aux rameaux d'un arbre.

Enfin, au milieu de plexus situés aux extrémités terminales des nerfs, on trouve encore des cellules nerveuses entremêlées.

Toutes ces cellules, groupées ou isolées, forment autant de *petits centres nerveux* ayant des fonctions déterminées.

Je ne parle pas ici des ganglions des nerfs sensoriels, dont on trouvera la description plus loin.

§ 1. — GANGLIONS RACHIDIENS

Les *ganglions rachidiens*, *cérébro-rachidiens*, ou *spinaux*, de forme ovoïde, de couleur gris rosée, et du volume approximatif d'un grain de blé, sont des renflements situés sur les racines postérieures sensitives des nerfs rachidiens, à quelques millimètres

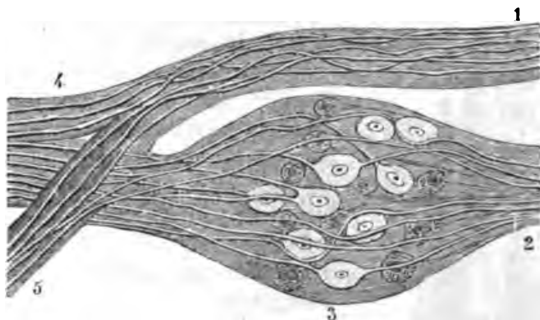


Fig. 333. — Ganglion rachidien de l'embryon.

1, racine antérieure motrice. — 2, racine postérieure sensitive. — 3, ganglion. — 4, 5, nerf mixte formé par le mélange de deux racines.

en dedans du point où ces racines se confondent avec les racines antérieures, pour former le tronc du nerf rachidien mixte.

Il y en a autant que de nerfs rachidiens.

Dans les régions supérieures du rachis, le ganglion rachidien est situé au niveau du trou de conjugaison, dans un canal fibreux formé par la dure-mère rachidienne, mais en bas, au niveau des nerfs de la queue de cheval, le ganglion est situé dans le canal rachidien lui-même, en dehors du cul-de-sac de la dure-mère.

On trouve quelquefois, sur le trajet des racines postérieures, des cellules isolées ou agglomérées en petits groupes. Ces cellules



Fig. 334. — Petit rameau du nerf coccygien, en dedans de la dure-mère, chez l'homme, portant un globule ganglionnaire pédiculé.

On y voit la cellule avec sa gaine parsemée de noyaux. Gross. 350 (d'après Kölliker).

errantes ont été décrites par Hyrtl sous le nom de *ganglia aberrantia* (fig. 334).

Structure.

Les ganglions nerveux sont des amas de cellules nerveuses en rapport avec les fibres du nerf sur le trajet duquel ils sont situés. Ils ont une enveloppe de tissu conjonctif confondue aux extrémités du ganglion avec le névrilème du nerf et il est à remarquer que les ganglions n'ont pas de névroglie. Cette enveloppe envoie au centre du ganglion de minces cloisons qui séparent les cellules et dans lesquelles se ramifient les vaisseaux sanguins.



Fig. 335. — Cellules et groupes de fibres du ganglion spinal d'un embryon humain de quatre semaines et demie (d'après His). Les cellules bipolaires ne sont pas encore transformées en cellules unipolaires.

Cellules nerveuses ganglionnaires. — J'ai déjà dit, en parlant des cellules nerveuses, qu'à une certaine période de leur développement, toutes les cellules des ganglions sont bipolaires (fig. 335). Elles restent toute la vie à l'état *bipolaire* chez les poissons (cellules de Bidder) (fig. 337), mais chez l'homme et chez les mammifères, la plupart des cellules bipolaires deviennent *unipolaires* (fig. 336), ainsi que l'a montré Ranvier, par un

mécanisme du développement déjà indiqué à propos des cellules unipolaires (voy. *Cellules nerveuses*).

La dimension de ces cellules est extrêmement variable. Les unes sont extrêmement petites et les autres sont tellement volumineuses qu'on peut les voir à l'œil nu, semblables à des grains de poussière. Le volume du noyau est proportionnel à celui de la cellule.

Indépendamment des cellules unipolaires des ganglions, mêlées à quelques cellules bipolaires, on trouve encore, dans ces petits centres nerveux, des cellules multipolaires appartenant au grand sympathique.



Fig. 336. — Transformation des cellules bipolaires en cellules unipolaires dans le ganglion de Gasser d'un embryon de cobaye (d'après Van Gehuchten).

1, 1, cellules bipolaires. — 2, 2, cellules unipolaires dont les deux prolongements accolés se séparent en T. — 3, cellule bipolaire dont les deux prolongements sont en train de se rapprocher. — 4, cellule unipolaire.

Cellules unipolaires des ganglions. — Les cellules unipolaires sont sphériques et entourées d'une capsule dont la surface interne est tapissée par une couche de cellules endothéliales semblables à celles qui doublent la surface interne d'une gaine de Henle (Fraentzel, 1867). Cette capsule est considérée comme un prolongement de la membrane de Schwann par les uns, et de la gaine de Henle par les autres. D'après Dogiel, le protoplasma de ces cellules est fibrillaire et les fibrilles y sont admirablement ordonnancées. On voit, dans l'intérieur de la cellule, une gerbe de fibrilles convergeant vers le pôle et pénétrant dans le cône d'émergence du cylindraxe qu'elles vont constituer. Leur régularité peut les faire comparer à des méridiens. Il existe à la périphérie de la cellule une autre série de fibrilles décrivant des cercles parallèles, formant des zones qui s'entre-croisent avec les méridiens des fibres précédentes.

Le prolongement des cellules unipolaires a été étudié avec soin par Dogiel qui décrit deux types de cellules unipolaires : le *premier type*, type ordinaire, à prolongement en T, et un second type, nouvellement découvert, à prolongement en Y.

Dans les *prolongements en* T, selon Ranvier (*Techn. d'Hist.*, 2e édit., p. 798), la fibre nerveuse, au moment où elle aborde la

cellule, se dépouille de la gaine de Schwann, qui se confond avec la capsule (fig. 338). Entouré encore de son enveloppe de myé-

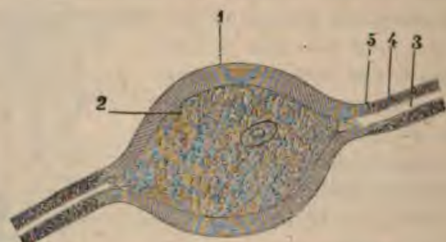


Fig. 337. — Cellule ganglionnaire bipolaire du brochet (grossissement, 350), d'après Kölliker.

line, le cylindraxe décrit des flexuosités avant d'aborder la cellule, perd sa myéline et se confond avec le protoplasma cellulaire, absolument comme dans la cellule bipolaire des ganglions des poissons.



Fig. 338. — Cellules nerveuses d'un ganglion rachidien du lapin (d'après Ranvier).

N, segment interannulaire avec son noyau. — E, bifurcation de la fibre nerveuse au niveau d'un étranglement. — E', premier étranglement de la fibre. — M, noyau de la cellule ganglionnaire. — x, noyaux de l'endothélium sous-capsulaire.

En 1896, Dogiel a montré que le prolongement unique en forme de T peut donner des fibrilles collatérales (deux ou trois) avant sa bifurcation, et que ces fibrilles naissent au niveau des étranglements annulaires de la fibre.

Les *prolongements en* Y, cellules unipolaires du second type de Dogiel, naissent comme les précédents, mais au lieu de donner deux branches, radiculaire et périphérique s'écartant à angle droit, ils se séparent à angle aigu comme les branches d'un Y, au niveau des étranglements annulaires, dans l'épaisseur même du ganglion, non pas une seule fois mais plusieurs fois. Ces ramifications multiples du prolongement de la cellule unipolaire émettent des fibrilles sans myéline qui restent dans le ganglion et qui se terminent de la manière suivante. (N'oublions pas, ainsi que nous l'avons déjà vu, que l'unique prolongement des cellules unipolaires est formé, ainsi que l'a démontré Ranvier, par l'adossement des deux prolongements qui existaient dans les cellules bipolaires de l'embryon).

Ramifications fibrillaires. — Laissons de côté les prolongements périphérique et radiculaire des cellules des ganglions et occupons-nous des ramifications fibrillaires fournies dans l'épaisseur du ganglion par les nombreuses fibrilles qui y sont contenues.

Toutes ces ramifications fibrillaires sont extrêmement minces et dépourvues de myéline. Elles se portent sur les diverses cellules nerveuses du ganglion où elles sont disposées de différentes manières.

1° Sur les *cellules du premier type*, on voit des fibrilles revêtues, d'une couche de myéline et d'une membrane de Schwann, former une sorte d'enveloppe, d'enchevêtrement, tantôt à la surface de la capsule cellulaire, tantôt au-dessous, de sorte qu'il existe autour des cellules nerveuses du ganglion un réseau *péricapsulaire* et un réseau *intracapsulaires*. Avant de se résoudre en réseau à la surface du corps de la cellule, les fibrilles perdent leur myéline.

2° Sur les *cellules du second type*, que Dogiel appelle intra-ganglionnaires, on voit un réseau fibrillaire analogue, mais bien différent au point de vue de la nature des fibrilles qui le constituent. Ces dernières sont, en effet complètement dépourvues de myéline. Elles viennent des racines nerveuses du grand sympathique qui ont pénétré dans le ganglion avec les racines postérieures, elles forment des réseaux autour des cellules du second type, *corbeilles terminales*, *péricapsulaires* et *intracapsulaires*.

Parmi les fibres sympathiques qui pénètrent dans le ganglion, les unes se perdent, ainsi que je viens de le dire, à la surface des cellules unipolaires du second type, tandis que les autres ne font que traverser le ganglion pour se terminer plus loin.

Eléments accessoires du ganglion rachidien. — Le ganglion rachidien, entouré d'une gaine de *tissu conjonctif* continue avec le névrilème, présente des cloisons venues de l'enveloppe et diminuant d'épaisseur à mesure qu'elles se rapprochent des cellules nerveuses. Les *vaisseaux*, venus du voisinage, forment autour des cellules nerveuses un réseau capillaire analogue à celui qui existe autour des vésicules graisseuses. Ce réseau, à mailles petites et serrées, est situé en dehors de la capsule de la cellule.

La capsule et le tissu conjonctif paraissent variables suivant l'espèce animale et l'âge du sujet. L'enveloppe du ganglion du chien, ainsi que les cloisons, sont épaisses et solides, tandis que chez le lapin et le cobaye ces parties sont très minces, et les cloisons intérieures insignifiantes. Elles sont si délicates chez le poulet que la moindre section de la racine postérieure désorganise le ganglion.

Les mailles du réseau vasculaire sont larges chez la grenouille et

chaque maille entouré un groupe de cellules. Les veines, chez le même animal, se jettent dans un plexus veineux entourant le ganglion.

Fonction des ganglions rachidiens. — Il résulte des descriptions antérieures qu'un ganglion rachidien est une réunion de neurones sensitifs dont le prolongement protoplasmique, à courant cellulipète est représenté par le bout périphérique, et dont le prolongement cylindraxile à courant cellulifuge ou centrifuge, est constitué par les fibres radiculaires parties du ganglion rachidien, cheminant dans l'épaisseur du cordon postérieur de la moelle, et se terminant à diverses hauteurs dans les cellules sensitives de la substance grise des centres nerveux.

Les ramifications terminales périphériques recueillent les incitations d'ordre sensitif, sur les épithéliums, sur les organes variés du tact. Elles les apportent à la cellule nerveuse du ganglion, d'où part le courant sensitif par les fibres radiculaires. Celles-ci distribuent en un certain nombre de points du névraxe ces impressions sensitives, qui se dirigent vers les neurones sensitifs centraux, et les impressions sensitivo-motrices vers les neurones moteurs de la corne antérieure de la moelle.

J'ai surabondamment démontré que le ganglion rachidien est le centre trophique des fibres périphériques et des fibres radiculaires qui s'unissent dans le ganglion. Cette démonstration découle naturellement de tout ce qui a été dit dans l'étude de la méthode wallérienne (voy. *Racines des nerfs rachidiens*).

Lésions histologiques de la rage. — Une communication extrêmement intéressante a été faite le 28 janvier 1900 à l'Académie Royale de Belgique, par Van Gehuchten et C. Nélis. En faisant, par hasard, des coupes dans un ganglion rachidien d'un lapin mort de la rage, ils y constatèrent les lésions essentielles de l'infection rabique. Les cellules sont affectées, elles se détruisent et sont remplacées par un tissu de nouvelle formation. Ayant fait ensuite des investigations, ces savants ont constaté que les ganglions craniens sont plus profondément lésés que les ganglions rachidiens. Le ganglion du pneumogastrique est celui qui est en général le plus sérieusement affecté. Ayant fait l'autopsie de deux cas de rage chez l'homme, ils ont trouvé la lésion caractéristique dans les ganglions cérébraux et rachidiens, comme chez le lapin. Ces lésions expliquent suivant les auteurs, avec une étonnante simplicité, les principaux symptômes de la rage, hyperexcitabilité cutanée et tendineuse du début, anesthésie et paralysie finales.

Développement.

Découverte de His. — Une découverte importante a été faite par His : c'est que les fibres sensitives des nerfs, chez les vertébrés, ne procèdent pas des cellules nerveuses de la moelle épinière, comme les fibres motrices ; elles proviennent toutes des ganglions cérébro-spinaux. Les cellules de ces ganglions, issues de l'ectoderme, comme toutes les parties du système nerveux, sont d'abord fusiformes. Ensuite les deux pôles, ou extrémités, s'allongent de telle sorte que l'un des prolongements se dirige en dedans et pénètre dans l'axe cérébro-spinal, racines postérieures des nerfs, tandis que l'autre se dirige vers les parties périphériques pour se terminer, par ses extrémités libres, dans les divers tissus.

L'étude du développement montre que toute cellule nerveuse est le *centre génétique* de toutes les parties constituantes du neurone.

La cellule nerveuse n'est pas seulement le centre génétique des différentes parties du neurone, elle en est aussi le *centre trophique* ou *nutritif*, ainsi que nous l'avons vu en décrivant les nerfs.

Apparition des ganglions. — Les ganglions se montrent de très bonne heure. On les voit déjà apparaître alors que le tube nerveux est encore épithélial, c'est-à-dire vers le troisième jour. On

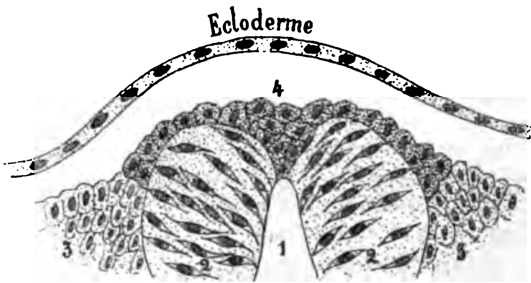


Fig. 339. — Coupe transversale du canal médullaire de l'embryon humain ayant 2 millimètres et demi de longueur, possédant 13 prévertèbres, et âgé d'environ 15 jours (d'après Lenhossek).

1, cavité médullaire. — 2, 2, lames médullaires. — 3, 3, prévertèbres. — 4, cellules issues de l'ectoderme, formant la couche superficielle du canal médullaire, appelé *cordon ganglionnaire*, ou *crête neurale*, et devant donner naissance aux ganglions rachidiens.

voit se former au point d'union de l'ectoderme et de la paroi du tube neural, au moment où il va se séparer de l'ectoderme, une sorte de bourrelet longitudinal dans lequel les cellules épithéliales

sont stratifiées, bourrelet connu sous le nom de *crête neurale*. Cette crête neurale est l'ébauche des ganglions rachidiens. Elle bourgeonne sur les côtés et se fragmente en petites portions qui descendent sur les parties latérales de la moelle épinière au niveau de chaque prévertèbre.

Les renflements ganglionnaires qui doivent former les ganglions



Fig. 340. — Cellules unipolaires et bipolaires, avec formes intermédiaires, venant d'un ganglion rachidien d'un embryon de canard au 17e jour de l'incubation (d'après Van Gehuchten).

On voit déjà la transformation des cellules bipolaires en cellules unipolaires.

spinaux se fragmentent et donnent naissance aux ganglions sympathiques.

Chez tous les vertébrés, les cellules des ganglions commencent par être bipolaires. La cellule avec apparence unipolaire se développe plus tard, excepté dans les ganglions situés sur le trajet du nerf acoustique et sur les cellules d'origine des fibres olfactives chez l'homme. Chez quelques poissons, le brochet par exemple, toutes les cellules ganglionnaires restent à l'état de cellules bipolaires.

§ 2. — GANGLIONS SYMPATHIQUES

Les ganglions du nerf grand sympathique sont fort nombreux : les plus volumineux se trouvent échelonnés le long du tronc nerveux à la manière de grains de chapelet ; on en trouve dans le plexus solaire et dans d'autres plexus. Leur forme est irrégulière, à cause des nombreuses branches qu'ils fournissent.

Nous venons de voir que les ganglions sympathiques dérivent des ganglions rachidiens et se montrent dans les premiers jours du développement. Ils sont formés de cellules et de fibres nerveuses.



Fig. 341. — Ganglion du grand sympathique (d'après Leydig).

a, a, a, a, faisceaux nerveux. — b, b, cellules.

Cellules. — Les *cellules ganglionnaires*, en général globuleuses, sont multipolaires et émettent une foule de prolongements ramifiés. Mais ces prolongements se perdent bientôt dans un lacis impénétrable de fibrilles où il est difficile de les suivre. La difficulté est rendue encore plus grande parce qu'elles ressemblent à des fibres de Remak et qu'elles présentent, comme ces fibres, des noyaux de distance en distance. Elles sont entourées d'une *capsule*.



Fig. 342. — Quatre cellules ganglionnaires avec leur enveloppe.

1, se continuant avec les fibres de Remak en 2, 2.



Fig. 343. — Neurones d'un ganglion thoracique sympathique d'un embryon de poulet (d'après Ramon y Cajal).

1, 1, filets du cordon traversant le ganglion. On y voit les cellules sympathiques et leurs prolongements.

Les prolongements protoplasmiques des cellules sont multiples

et le cylindraxe unique. Celui-ci sort de la cellule pour s'engager dans une fibre sympathique, tandis que les prolongements proto-plasmiques se terminent dans l'intérieur du ganglion, autour des cellules voisines. Ils forment, en s'enroulant autour des cellules, des espèces d'enveloppes fibrillaires auxquelles Ramon y Cajal a donné le nom de *nids péricellulaires*, et Kölliker celui de *cor-beilles*.

Capsules. — Les *capsules* forment une paroi propre, hyaline, très réfringente. Cette capsule est revêtue à sa face interne par une

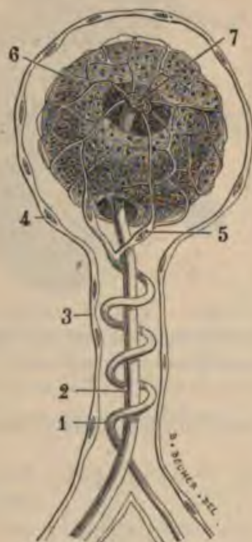


Fig. 344. — Cellule ganglionnaire sympathique de la grenouille (d'après J. Arnold).

1, fibre spirale naissant d'un réseau fibrillaire entourant la cellule et relié au nucléole. — 2, cylindraxe. — 3, 4, gaine de la fibre et de la cellule avec les noyaux. — 5, noyaux reliant la fibre spirale au réseau fibrillaire. — 7, nucléole et extrémités du cylindraxe.



Fig. 345. — Cellule nerveuse sympathique de la grenouille (d'après J. Arnold).

1, 2, gaine. — 3, cylindraxe. — 4, fibre spirale. — 5, noyau de la fibre spirale. — 6, 7, protoplasma et noyau de la cellule.

couche endothéliale dont les noyaux se montrent plus nombreux au pourtour des prolongements des cellules unipolaires.

Tissu conjonctif et vaisseaux. — L'*enveloppe névrilématique* des ganglions se continue avec la gaine lamelleuse des ramifications sympathiques.

Les *vaisseaux* ont été spécialement étudiés par Ranvier. Les *artères* sont petites et les *capillaires* forment des mailles entourant chacune plusieurs cellules. Les *veines* sont grosses et variqueuses et présentent, au point où elles se continuent avec les capillaires, de véritables élargissements quatre ou cinq fois plus larges que les capillaires qui s'y jettent. On ne connaît pas les *lymphatiques* de ces ganglions.

Cellules à spirales. — Chez les batraciens spécialement, Beale, 1863, et J. Arnold, 1865, ont trouvé, dans les ganglions sympathiques, des cellules tout à fait différentes, avec une fibre spirale enroulée autour de la portion de cellule qui se continue avec la fibre nerveuse. Selon Retzius, cette spirale est un filament nerveux appartenant à une autre cellule et venant se terminer à la surface de la cellule nerveuse par des ramifications sous-jacentes à la capsule et comparables aux nids péricellulaires ou corbeilles (fig. 344 et 345).

§ 3. — CENTRES NERVEUX EXCENTRIQUES (GANGLIONS IRRÉGULIERS) ET CELLULES NERVEUSES VISCÉRALES

Sur le trajet des branches nerveuses du grand sympathique, on trouve une grande quantité de ganglions dont le siège et le nombre sont indéterminés. Dans quelques organes en particulier, on peut définir leur situation ; mais, pour certains d'entre eux, il est difficile d'affirmer s'ils appartiennent au grand sympathique ou aux nerfs cérébro-spinaux.

Dans le plexus nerveux situé au milieu des fibres du muscle ciliaire, Krause a signalé l'existence de petits renflements ganglionnaires, quelquefois formés par une seule cellule, au point d'entre-croisement des filets nerveux.

H. Müller a indiqué, dans les nerfs de la choroïde, de petits ganglions, quelquefois des cellules isolées sur les rameaux nerveux partis du plexus du muscle ciliaire.

J. Arnold a vu aussi de petits ganglions sur le trajet des rameaux nerveux situés dans les parois du larynx et des bronches.

Remak (1844, 1852) a décrit des ganglions de très petit volume, contenant seulement quelques cellules nerveuses, le plus souvent unipolaires, sur les nerfs des parois du cœur, dans les parois auriculaire et ventriculaire. On les désigne sous le nom de *ganglions de Remak* (1).

(1) Ces ganglions se rencontrent exclusivement sur les rameaux nerveux fournis par le grand sympathique ; ils n'ont aucune connexion avec le pneumogastrique (Kölliker).

Des plexus nerveux remarquables, avec présence de petits ganglions au point d'entre-croisement des rameaux nerveux, ont été décrits dans le tube digestif par plusieurs auteurs, notamment par Meissner, Remak (1858), Auerbach (1862). L'un de ces plexus occupe le tissu cellulaire sous-muqueux de l'estomac et de l'intestin ; les petites cellules qui le constituent, ainsi que les fibres pâles qui réunissent les cellules, sont enveloppées par un névrilème parsemé de noyaux.

Plexus de Meissner. — Le plexus de Meissner est situé dans le tissu conjonctif sous-muqueux de l'intestin grêle. Ses travées principales suivent le trajet des vaisseaux. De là partent des tra-

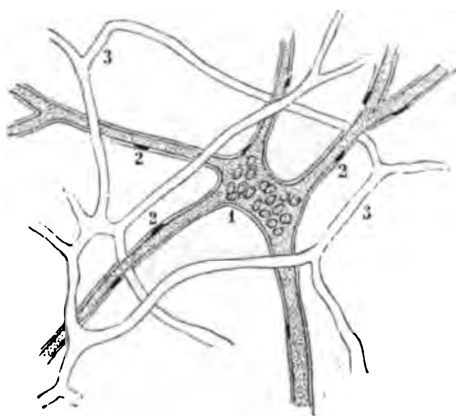


Fig. 346. — Ganglion du tissu cellulaire sous-muqueux de l'intestin grêle chez un enfant de dix jours. Le tissu a longtemps macéré dans l'acide pyroligneux (Frey).

1, ganglion. — 2, 2, 2, troncs nerveux partant du ganglion et noyaux de leur gaine. — 3, 3, 3, réseau capillaire.

vées secondaires qui s'entre-croisent et forment des mailles. Sur ces travées sont appendus de petits ganglions formés d'un petit nombre de cellules nerveuses, de 2 à 6 ordinairement. Ce sont des cellules multipolaires, et les travées sont formées de fibres de Remak et par conséquent dépourvues de myéline.

Dogiel (1896) y a décrit deux types de cellules sympathiques. Dans les unes, le corps de la cellule est globuleux, fusiforme ou étoilé ; il donne naissance à de courts prolongements protoplasmiques, de 15 à 20, qui s'épuisent dans le ganglion (dendrites courtes). Leur prolongement cylindraxile est très fin et indivis ; il s'engage dans une des branches nerveuses en rapport avec

le ganglion, s'y entoure de myéline et va se terminer par une branche motrice à extrémités libres. Dans les autres cellules décrites par Dogiel, véritables neurones sensitifs, les prolongements protoplasmiques sont moins nombreux, longs et indivis sur un long parcours, se ramifient ensuite en plusieurs rameaux, qui marchent parallèlement, prennent la voie des travées et se terminent dans de petits troncs nerveux. Dogiel suppose que ces ramifications nerveuses se terminent dans l'épithélium intestinal.

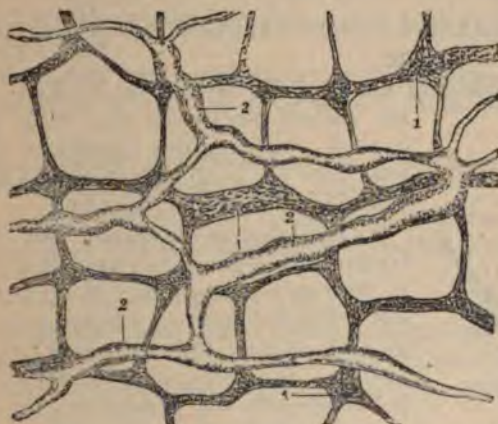


Fig. 347. — Plexus ganglionnaire de l'intestin grêle d'un cochon d'Inde; *plexus myentericus*, d'après Auerbach.

1, 1, 1, ganglions sur le trajet des nerfs anastomosés en réseau. — 2, 2, 2, vaisseaux lymphatiques.

Plexus intra-musculaire d'Auerbach. — Un plexus nerveux intra-musculaire a été découvert par Auerbach (1862). Il l'a nommé *plexus myentericus*, à cause de sa situation entre les deux couches de fibres musculaires, longitudinale et circulaire, de l'intestin. Ce plexus occupe toute la longueur de l'intestin grêle et du gros intestin. Ce plexus offre des dispositions analogues à celui de Meissner, avec cette différence que les travées ont la direction des fibres des deux couches, se croisant perpendiculairement. Dogiel a rencontré dans ce plexus les deux sortes de cellules que j'ai indiquées à propos du plexus de Meissner. Les ramifications terminales des filaments nerveux aboutissent aux fibres musculaires qui portent à leur extrémité les tiges terminales motrices des fibres lisses.

En 1852, Remak a décrit de petits ganglions sur le trajet des nerfs de la vessie du cochon.

Dès 1830, J. Müller en avait signalé dans les corps caverneux de la verge.

On en trouve encore dans le tissu cellulaire sous-muqueux du vagin et de l'utérus.

Krause en a découvert récemment dans les glandes salivaires et lacrymales des mammifères, autour des acini (Frey).

Dans tous ces ganglions, les cellules multipolaires font défaut ; on y rencontre surtout des cellules unipolaires, et quelquefois bipolaires.

Il existe un grand nombre d'autres ganglions nerveux dont on peut préciser le siège.

Indépendamment des *ganglia aberrantia* de Hyrtl, placés sur les racines sensitives des nerfs rachidiens, dans le voisinage des ganglions spinaux, on rencontre les renflements ganglionnaires suivants, la plupart bien connus :

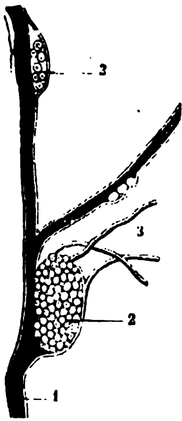


Fig. 348. — Rameau terminal du nerf glosso-pharyngien avec trois ganglions microscopiques.

a. Le *ganglion de Gasser*, sur le tronc du trijumeau. Ce ganglion, situé dans un repli de la dure-mère, au sommet du rocher, renferme des cellules de moyen volume, pourvues d'une gaine à noyaux, telle que nous l'avons décrite avec les ganglions spinaux. Sa structure rappelle celle de ces ganglions ; les fibres nerveuses passent entre les cellules ; celles-ci, unipolaires, rarement bipolaires, donnent naissance à des fibres de moyen calibre qui se dirigent vers la périphérie.

De petits ganglions périphériques, composés d'un petit nombre de cellules nerveuses, se rencontrent sur les ramifications terminales du nerf lingual.

Sur les diverses branches du trijumeau, on rencontre différents ganglions qui offrent une grande analogie de structure avec les ganglions sympathiques, mais dont les cellules sont un peu plus volumineuses : tels sont les ganglions *ophtalmique*, *sphéno-palatin*, *otique*, *sub-lingual* et *sous-maxillaire*.

b. Le *ganglion géniculé* du facial, placé sur le premier coude de ce nerf, derrière l'hiatus de Fallope. De grosses cellules ganglionnaires forment ce ganglion, qui est traversé par les fibres du nerf intermédiaire de Wrisberg, racine sensitive du facial.

c. Les nombreux ganglions du glosso-pharyngien, parmi lesquels on trouve :

1° De petites *cellules ganglionnaires* isolées sur le trajet des racines de ce nerf et signalées par Bidder ;

2° Le *ganglion d'Ehrenritter*, un peu plus volumineux, situé sur les racines du glosso-pharyngien, avant que ces filaments aient atteint le trou déchiré postérieur ;

3° Le *ganglion pétreux* ou *d'Andersch*, le plus volumineux, placé dans le trou déchiré, et dont la structure est la même que celle des ganglions spinaux. Comme dans ces derniers ganglions, on trouve dans le ganglion pétreux des cellules unipolaires, donnant naissance à des fibres ganglionnaires qui se portent dans les branches périphériques ;

4° De nombreux *petits ganglions* sur les rameaux de ce nerf, qui se rendent à l'oreille moyenne sous le nom de rameaux de Jacobson ;

5° Enfin, de *petits ganglions* sur les ramifications de ce nerf, qui se distribuent à la langue et au pharynx.

d. Le *ganglion jugulaire* et le *ganglion plexiforme* du pneumogastrique. Ces deux ganglions offrent la même structure que les ganglions spinaux.

Nous venons de voir que les ganglions se rencontrent sur les nerfs sensitifs. Ce rapport entre les nerfs sensitifs et les ganglions est si constant, qu'on est dans l'habitude de considérer un nerf comme sensitif par la seule raison qu'il est pourvu d'un ganglion.

Cellules nerveuses interstitielles. — Indépendamment des petites masses ganglionnaires dont je viens de parler, je dois faire remarquer qu'on rencontre des cellules isolées dans l'épaisseur des tissus. Ce sont des petits ganglions nerveux *unicellulaires*, *ganglions interstitiels* de Ramon y Cajal. Cet auteur en a rencontré dans les glandes, où ils n'ont aucun rapport avec les cellules et les fibres nerveuses. Dogiel a remarqué que ces cellules suivent la direction des vaisseaux sanguins. Fusari et Jacques, de Nancy, en ont trouvé dans le voisinage des capillaires sanguins de la langue. On a encore rencontré ces cellules isolées dans le tissu conjonctif interstitiel du pancréas et dans l'épaisseur des villosités intestinales (Cajal et Sala), dans les aponévroses des muscles abdominaux et le centre phrénique (Dogiel). Ces ganglions microscopiques appartiennent au grand sympathique.

Dans les villosités intestinales, Cajal a remarqué un réseau anastomotique entre plusieurs de ces cellules multipolaires. En somme, la science n'est pas encore bien fixée sur la question de savoir si ces cellules sont de nature nerveuse, ou si on ne doit voir là que des cellules fixes ramifiées du tissu conjonctif.

ARTICLE V

NERFS GRIS, NERFS SYMPATHIQUES

On décrit habituellement sous le nom de *grand sympathique* (1) un long cordon longitudinal situé de chaque côté de la colon[ne] vertébrale et formé par une chaîne de ganglions, prenant d[es] racines sur l'axe cérébro-spinal et envoyant des branches dans l[es] organes.

Les anatomistes qui se sont occupés de la structure de la moell[e] se sont préoccupés surtout de suivre les racines des nerfs rach[i-]



Fig. 349. — Fibres de Remak d'un embryon de veau avec leurs noyaux. A droite, une fibre dont l'extrémité se divise en fibrilles.



Fig. 350. — Faisceau nerveux sym[-]pathique.

1, 1, fibres de Remak (sans myéline). — 2, 2, 2, trois fibres nerveuses à myéline.

diens dans la substance grise, et ils ont relégué bien loin l'étud[e] des racines des nerfs sympathiques. Dans ces dernières anné[es] cependant, plusieurs auteurs se sont occupés de cette questio[n] (Gaskell, Dogiel, Kölliker, Ramon y Cajal). Leurs travaux parai[s-]sent avoir été provoqués par les expériences physiologiques d[e] Claude Bernard, Vulpian, Dastre et Morat.

Ainsi présenté, il me parait que le grand sympathique n'est pa[s] saisi dans son ensemble par le lecteur.

(1) Synonymes : *Système nerveux sympathique ; nerf ganglionnaire ; ne[rf] trisplanchnique ; nerf intercostal des anciens ; nerf de la vie organique.*

Voici comment je comprends la description des nerfs sympathiques.

Les nerfs sympathiques émergent des centres nerveux de la même manière que les nerfs blancs. Ils naissent, comme ces derniers, principalement comme les nerfs rachidiens, par deux ordres de racines, des racines antérieures et des racines postérieures. Il y a donc trente et une paires de nerfs sympathiques rachidiens, et autant de paires craniennes qu'il y a de nerfs craniens, en exceptant les trois nerfs sensoriels qui font partie des centres nerveux et qui n'ont rien à voir avec le grand sympathique.

Les nerfs sympathiques étant ainsi envisagés, les nombreux ganglions qui forment la chaîne ganglionnaire peuvent être comparés aux ganglions des nerfs rachidiens, à peu près en même nombre que ces derniers.

Les ramifications des nerfs sympathiques ne diffèrent de celles des nerfs rachidiens que par le nombre considérable de leurs branches et par la quantité colossale de ganglions périphériques situés sur leur trajet.

Structure. — Les nerfs sympathiques sont formés d'un mélange de *fibres grises*, ou fibres de Remak, et de *fibres blanches*, ou fibres à myéline ; les fibres grises sont prédominantes. Ces fibres sont groupées en *faisceaux* comme celles des nerfs blancs. Les fibres grises de ces nerfs se distinguent de celles des nerfs blancs par leur diamètre très fin et par leurs segments inter-annulaires très courts.

La *gaine lamelleuse* qui entoure ces cordons est semblable à celle des autres nerfs, avec cette différence que tous les espaces inter-lamellaires sont revêtus par un endothélium continu. Les petites ramifications ont une gaine de Henle comme les nerfs ordinaires. En abordant le ganglion, les fibres nerveuses des cordons perdent leur myéline ; quelques-unes se ramifient autour des cellules, mais un certain nombre traversent le ganglion sans entrer en connexion avec elles. Les fibres qui abordent les cellules nerveuses pour les envelopper sont des fibres de Remak.

Les nerfs et les ganglions sont entourés d'un tissu conjonctif qui leur forme une gaine, de laquelle partent de minces cloisons séparant les faisceaux de fibres nerveuses dans les nerfs, et les groupes de cellules dans les ganglions.

Les *ganglions sympathiques* offrent la plus grande analogie avec les ganglions rachidiens. Leurs cellules sont multipolaires et unipolaires, ces dernières étant en réalité des cellules bipolaires, comme cela a déjà été dit pour les ganglions rachidiens.

Des cellules ganglionnaires se trouvent disséminées sur les

ramifications terminales des nerfs sympathiques où elles forment parfois des ganglions monocellulaires. Les cellules sympathiques ont pour caractère particulier de posséder deux noyaux contigus.

Les *ramifications* des nerfs sympathiques se composent : 1° de *fibres motrices* pour les muscles lisses des viscères ; 2° de *fibres vaso-motrices* qui se rendent aux parois des vaisseaux ; 3° de *fibres sensitives* ; 4° de *fibres sécrétoires*.

Développement. — Balfour a signalé le premier l'origine ectodermique des ganglions sympathiques. Ils se détachent des ganglions rachidiens, comme l'ont démontré Onodi, en 1886, sur les poissons, et plus tard Mathias Duval, sur l'embryon du poulet. Quant aux fibres nerveuses et aux cellules, en particulier, leur évolution a été décrite précédemment.

Je décrirai successivement : 1° les *nerfs sympathiques* et leur *origine* ; 2° la *chaîne ganglionnaire* et les *ganglions* ; 3° les *ramifications*.

A. — *Nerfs sympathiques. Leur origine.*

J'ai dit plus haut que tous les nerfs du corps humain procèdent des centres nerveux, qu'ils soient blancs ou gris, ils naissent ensemble. Chaque nerf cranien, surtout de l'encéphale, emporte avec lui un nerf sympathique. Chaque racine de nerf rachidien sortant de la moelle, emporte avec elle un nerf sympathique.

Les nerfs gris naissent donc des centres nerveux par des racines accompagnant celles des nerfs rachidiens et celles de la plupart des nerfs craniens.

Origine apparente. — Les racines des nerfs gris émergent sur la moelle, au niveau des sillons qui donnent naissance aux racines des nerfs rachidiens. Elles sortent ensemble et elles s'entremêlent.

Origine réelle. — Les *racines antérieures* des nerfs sympathiques, plus nombreuses que les postérieures, pénètrent dans la moelle avec celles des nerfs rachidiens, croisent les fibres du cordon antérieur et se rendent au groupe antéro-interne des cellules de la corne antérieure. Les *racines postérieures* sont moins connues, mais on constate la présence de fibres nerveuses partant des cellules de la base de la corne antérieure et sortant par le sillon collatéral postérieur où elles se mêlent aux racines postérieures. Plusieurs auteurs affirment qu'elles sont motrices parce qu'elles ont leur centre trophique dans la moelle, d'autres les disent sensitives. Elles traversent le ganglion rachidien sans lui abandonner

aucun filament et se portent au nerf blanc correspondant dont elles partagent la distribution. Ces racines sont les *racines rachidiennes*.

Les *racines craniennes* sont plus fines, plus difficiles à observer, elles accompagnent les branches efférentes du ganglion cervical supérieur dont elles se séparent difficilement.

A leur origine, les nerfs sympathiques naissent dans la substance grise du côté correspondant, comme les fibres nerveuses des nerfs rachidiens. Il n'y a d'entre-croisement ni pour les nerfs rachidiens ni pour les nerfs sympathiques.

Si on fait une hémi-section dans la moelle on observera une grande élévation de température, dans le membre postérieur correspondant, si on fait la section complète de la moelle cette élévation se montrera dans les deux membres postérieurs.

Trajet. — Ces racines parcourent le même chemin que les racines rachidiennes. Elles traversent les ganglions rachidiens, sortent du canal fibreux que la dure-mère fournit à ces ganglions, et se jettent dans les ganglions de la chaîne ganglionnaire. Ce sont les *rameaux communiquants, rami communicantes* des auteurs.

Ils se détachent du nerf blanc rachidien à une petite distance du ganglion ; on les voit bien distinctement aux régions dorsale et lombaire.

Dans leur trajet, du canal vertébral au ganglion, les nerfs sympathiques donnent un rameau anastomotique qui se rend au *nerf sinu-vertébral* dont il partage la distribution. Ce nerf pénètre dans le canal rachidien par le trou de conjugaison, entre la dure-mère et la paroi osseuse. Il va se terminer aux parois vasculaires, aux os et à la dure-mère rachidienne.

Les nerfs sympathiques naissent réellement des centres nerveux et surtout de la moelle épinière. Considérer ces nerfs comme des rameaux de communication émanés de la chaîne ganglionnaire, c'est donner à cette chaîne trop d'importance et regarder le grand symphatique comme un nerf indépendant. Non, les nerfs sympathiques sont des émanations des centres nerveux au même titre que les nerfs craniens et rachidiens.

Le tronc des nerfs sympathiques, étendu du nerf rachidien sensitivo-moteur aux ganglions de la chaîne ganglionnaire, ne renferme pas seulement des fibres grises émanées de la moelle ; il contient aussi des fibres blanches, qui se terminent autour des cellules des ganglions rachidiens par de fines arborisations (Ranvier, Ramon y Cajal).

De plus, on y constate deux sortes de fibres, les unes centrifuges, les autres centripètes.

Les *filets centrifuges* se dirigent de la moelle vers le grand sympathique. Ce sont les *racines médullaires* des nerfs sympathiques. Ces fibres prennent naissance dans la substance grise de l'axe cérébro-spinal (Vulpian, *Leçons sur l'appareil vaso-moteur*, 1875, p. 25, 27).

Les *filets centripètes* s'étendent du ganglion sympathique à la moelle : ils se perdent dans les parois des vaisseaux et constituent les *nerfs vaso-moteurs* de la moelle épinière.

Rüdinger a constaté que chaque nerf sympathique, ou rameau communiquant, renferme des fibres blanches et des fibres grises, dans les proportions d'une fibre blanche pour 10 à 15 fibres grises.

B. — *Chaine ganglionnaire.*

Dissection. — Voyez pour la portion cervicale, la *Dissection du Pneumo-gastrique*. La poitrine étant ouverte, on renverse un poumon vers le côté opposé, et après avoir enlevé la plèvre qui tapisse le côté de la colonne vertébrale, ainsi que la plus grande partie de l'extrémité libre des côtes, on met à découvert la chaine ganglionnaire, puis ses filets de communication avec les nerfs dorsaux et ceux qu'il envoie en avant sur le corps des vertèbres, pour la formation des nerfs splanchniques. On observera, en même temps, des filets plus déliés qui se jettent sur l'artère aorte, et d'autres qui s'unissent au plexus pulmonaire. Après avoir vu ces derniers, on enlève le cœur et les poumons ; mais on laisse en place l'aorte et l'œsophage avec les plexus fournis par les nerfs pneumogastriques ; on ouvre le bas-ventre, on divise les épiploons gastro-cölique et gastro-hépatique, et l'on sépare le foie de toutes ses attaches au diaphragme, en ne le laissant plus tenir qu'au paquet de vaisseaux et de nerfs qui entrent dans le sillon transverse. On isole l'estomac de manière à ne plus le laisser attaché qu'à l'œsophage, au pylore et à l'artère coronaire stomachique entourée de ses nerfs. La rate sera entièrement séparée du diaphragme ; on la laissera adhérer à l'estomac et en rapport avec l'artère splénique, qui elle-même restera logée dans le sillon du pancréas. Les reins et les capsules surrénales devront rester en place. On fend alors le diaphragme sur le trajet des nerfs splanchniques, qu'il faut disséquer des deux côtés, et l'on enlève les portions latérales de ce muscle pour n'en conserver que la partie moyenne, dans laquelle se rendent les artères diaphragmatiques inférieures avec leurs plexus.

Au moyen de ces coupes préparatoires, on peut, selon le besoin, renverser l'estomac et la rate en haut et à droite, et le foie à gauche, afin de poursuivre commodément les nerfs splanchniques jusqu'aux *ganglions semi-lunaires* ; ces deux ganglions étant disséqués, on trouve, en les tiraillant en sens inverse, le *plexus solaire*, et il n'est pas difficile alors de disséquer les *plexus secondaires* qui en dérivent, si l'on suit les vaisseaux qu'ils enlacent de leurs réseaux. Ces plexus sont à découvert dès qu'on a enlevé le péritoine ; mais, pour les voir bien distinctement, on conçoit qu'il importe d'enlever soigneusement tout le tissu cellulaire qui les entoure.

On parvient à rendre les nerfs visibles, en les humectant souvent d'alcool étendu d'eau. A la hauteur de la dixième vertèbre du dos, on a quelquefois de la peine à trouver la continuation du tronc du grand sympathique, qui y est plus grêle que dans les autres points de son trajet, et qui y change même

de direction. On doit donc disséquer avec attention dans cet endroit, pour ne pas perdre la trace du nerf.

Pour voir la *portion lombaire du grand sympathique*, il faut rejeter les reins en avant, après avoir enlevé la membrane adipeuse qui les entoure. Les communications avec les paires lombaires sont difficiles à trouver, parce que les filets sont très longs et très grêles, et qu'ils sont profondément logés dans les gouttières des corps des vertèbres, et cachés par le muscle psoas qu'il faut détacher des os et rejeter en dehors.

Afin de suivre plus facilement la *portion sacrée du grand sympathique* et le *plexus hypogastrique*, il convient d'enlever l'extrémité inférieure droite avec la portion correspondante du bassin. Pour cela, on incise la symphyse des pubis et la symphyse sacro-iliaque droite ; on luxe les os, puis on divise les parties molles, de manière à laisser le rectum et les parties génitales internes et externes sur le côté gauche du cadavre, que l'on place ensuite de telle sorte que le jour puisse pénétrer dans l'excavation pelvienne. On suit alors, dans le petit bassin, le plexus mésentérique inférieur, le plexus aortique et les troncs des grands sympathiques ; tout ceci ne peut se faire facilement qu'après avoir divisé les replis péritonéaux qui retiennent les viscères contenus dans cette cavité, afin de pouvoir tirer ces derniers en avant et à droite.

Décrite par les auteurs sous le nom de tronc du grand sympathique, cette chaine est composée de *ganglions* et de *cordons intermédiaires* (fig. 351).

La chaine ganglionnaire forme, de chaque côté de la colonne vertébrale, un cordon ininterrompu depuis la base du crâne jusqu'au coccyx.

Il s'anastomose avec celui du côté opposé au niveau du coccyx et dans le crâne, de sorte qu'on peut le comparer à une ellipse très allongée. De distance en distance, il présente des renflements ou ganglions nerveux.

Rapports. — 1° *Au cou*, il est situé au-devant des muscles prévertébraux qui le séparent des apophyses transverses des vertèbres cervicales, en arrière de la veine jugulaire interne et en dehors du nerf pneumogastrique.

2° *Dans le thorax*, celui du côté droit passe au-devant du *col de la première côte*, tandis que celui du côté gauche embrasse la partie antérieure du col de la première côte du même côté. Il se porte ensuite de chaque côté de la colonne vertébrale, au-devant de la tête des côtes, contre lesquelles il est appliqué par la plèvre pariétale. Il croise, en passant sur leur face antérieure, les nerfs et les vaisseaux intercostaux. Celui du côté gauche est, en outre, en rapport par sa face antérieure avec l'aorte thoracique. Arrivé à la partie inférieure du thorax, le grand sympathique gauche traverse le pilier gauche du diaphragme, tandis que le grand sympathique droit passe avec l'aorte dans l'orifice aortique de ce muscle.

3° *Dans l'abdomen*, le nerf grand sympathique est situé au-



Fig. 351. — Portions thoracique, lombaire et sacrée du grand sympathique.

1, 1, 1, ganglions. — 2, nerfs du plexus sacré. — 3, 3, 3, nerfs du plexus lombaire. — 4, 4, nerfs intercostaux. On voit au-devant de la colonne vertébrale la coupe des nerfs grand et petit splanchnique.

devant de la colonne vertébrale, sur le bord antérieur du muscle psoas, de chaque côté de l'aorte et de la veine cave inférieure, au-dessous du péritoine.

4° *Dans le bassin*, il est situé au-devant du sacrum, de chaque côté du rectum. Il croise la face antérieure du plexus sacré et du muscle pyramidal.

Dans ce long trajet *cervical*, *thoracique*, *lombaire* et *sacré*, le nerf grand sympathique présente, de distance en distance, des ganglions. Ces ganglions sont en nombre presque égal à celui des nerfs rachidiens avec lesquels ils sont en rapport, et l'on en compte quatre sacrés, cinq lombaires, douze dorsaux. Mais, à la région cervicale, ils se réunissent pour n'en former que deux ou trois plus volumineux, désignés sous les noms de *ganglion cervical supérieur*, *ganglion cervical moyen* et *ganglion cervical inférieur*.

Le *ganglion cervical supérieur* correspond à la base du crâne. Il est situé de chaque côté du pharynx, en avant du muscle petit droit antérieur, en dehors du ganglion du pneumogastrique. Ce ganglion, de couleur rougeâtre, est ovalaire et présente une longueur de 3 à 4 centimètres.

Le *ganglion cervical moyen* n'existe pas toujours. Quand il existe, il est situé au-devant de la sixième vertèbre cervicale, et il présente un petit volume.

Le *ganglion cervical inférieur* a la forme d'un croissant. Il est placé au niveau du col de la première côte, qu'il embrasse par sa concavité.

C. — *Ramifications des nerfs sympathiques.*

Des fibres émanant des ganglions sympathiques, on comprend que les ramifications soient beaucoup plus nombreuses que la somme de toutes les racines.

Les nerfs sympathiques existent dans toutes les parties de l'organisme ; par leurs *racines*, ils pénètrent jusque dans les profon-

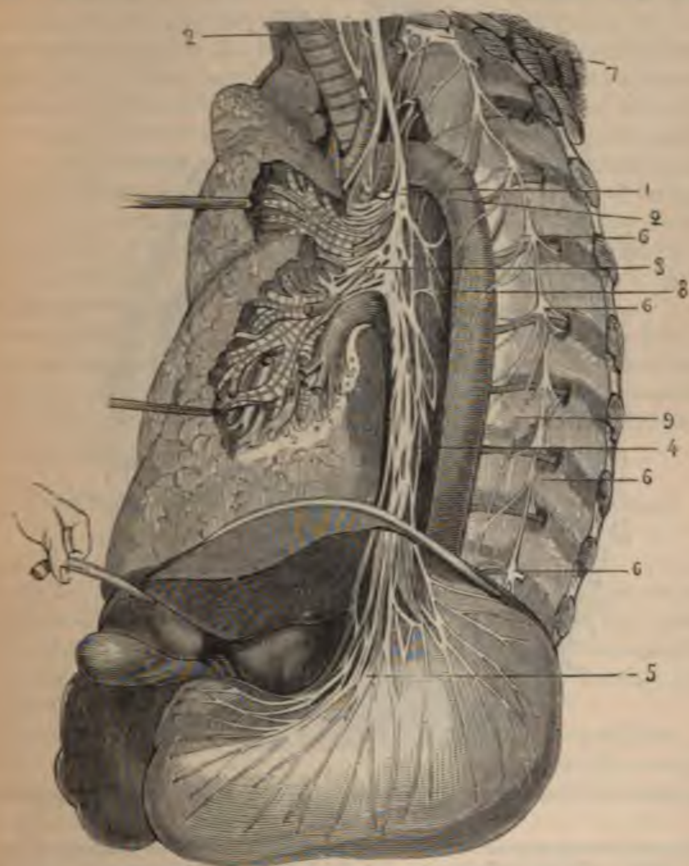


Fig. 352. — Portion thoracique du grand sympathique et pneumogastrique gauche.

1, tronc du pneumogastrique au niveau de la crosse de l'aorte. — 2, 2, récurrent gauche. — 3, rameaux pulmonaires se portant sur les divisions bronchiques. — 4, plexus œsophagien. — 5, filets gastriques terminaux du pneumogastrique. — 6, 6, 6, 6, ganglions du grand sympathique. — 7, ganglion cervical inférieur du grand sympathique. — 8, aorte. — 9, nerf petit splanchnique se portant vers le plexus solaire.

deurs des centres nerveux, par les nombreuses *branches* qu'ils émettent, ils se rendent à tous les organes et à tous les tissus, avec les artères que ces branches accompagnent.

Ils président à la contraction des fibres lisses, à la sensibilité

obscure de la plupart des organes profonds; mais leur action l

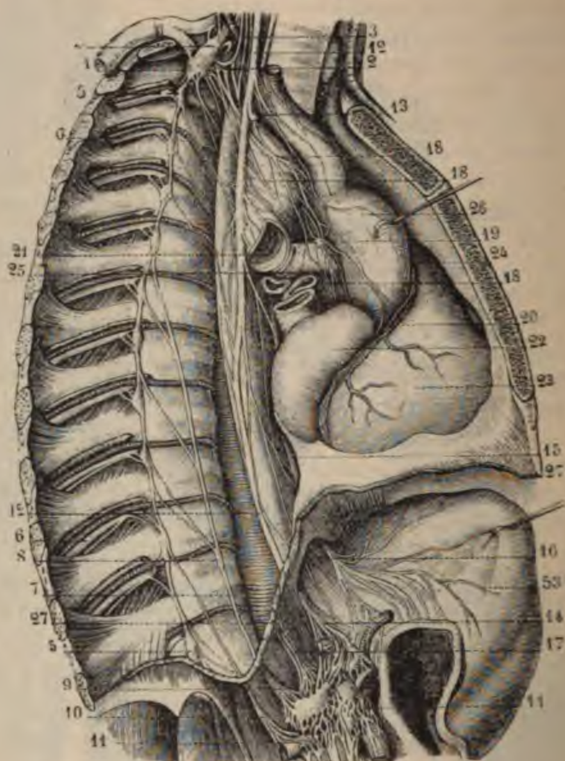


Fig. 353. — Portion thoracique du grand sympathique et pneumogastriqu droit.

1, ganglion cervical inférieur. — 2, rameaux que ce ganglion fournit au plexus cardiaque. — 3, son rameau ascendant antérieur. — 4, son rameau ascendant postérieur. — 5, 5, port thoracique du grand sympathique. — 6, 6, série des nerfs intercostaux qui envoient cha deux rameaux au ganglion correspondant. — 7, grand splanchnique. — 8, ganglion qu'on obse quelquefois sur son trajet. — 7, son extrémité inférieure se jetant dans le ganglion semi-luna — 10, petit splanchnique. — 11, 11, plexus solaire. — 12, 12, tronc du pneumogastrique dro — 13, nerf récurrent. — 14, partie terminale du pneumogastrique droit qui se perd dans plexus solaire. — 15, tronc du pneumogastrique gauche. — 16, son extrémité terminale. — plexus de l'artère diaphragmatique inférieure. — 18, 18, 18, plexus cardiaque. — 19, gangl de ce plexus. — 20, plexus coronaire droit. — 21, coupe de la bronche droite. — 22, oreille droite. — 23, ventricule droit. — 24, artère pulmonaire. — 25, branche droite de cette artè — 26, crosse de l'aorte. — 27, 27, coupe du diaphragme. — 53, ramifications gastriques pneumogastrique gauche. — On voit l'*anse mémorable* de Wrisberg, formée par le gra splanchnique droit, le ganglion semi-lunaire et le pneumogastrique du même côté.

plus importante est celle qu'ils exercent sur les parois artériell et, par leur intermédiaire, sur la circulation. C'est pour cela q

les branches des nerfs sympathiques sont désignées sous le nom de nerfs *vaso-moteurs*.

Les ramifications des nerfs sympathiques naissent des ganglions de ce nerf et se portent dans diverses directions.

Les unes pénètrent dans le crâne pour former les *racines craniennes* du grand sympathique; d'autres se portent sur les artères du cou, et de là dans la tête, en se ramifiant comme ces vaisseaux ; les autres se perdent dans les viscères thoraciques, abdominaux et pelviens, en formant, au niveau des viscères auxquels ils se distribuent et au niveau des artères qui leur servent de support, des *plexus nerveux* dont les uns sont pairs et les autres impairs. Ces plexus, d'une étude facile, portent ordinairement le nom du viscère auquel ils sont destinés ou des artères qu'ils accompagnent.

Nous étudierons ces branches en procédant de haut en bas, et nous verrons successivement : 1° les branches de la portion cervicale ; 2° les branches de la portion thoracique ; 3° les branches de la portion abdominale ; 4° les branches de la portion pelvienne.

1° BRANCHES DE LA PORTION CERVICALE DU GRAND SYMPATHIQUE

Ces branches naissent des ganglions cervicaux et se portent dans des directions fort différentes. Nous avons étudié les racines rachidiennes de ces ganglions, de même que le tronc qui réunit ces divers ganglions, nous réservant de décrire parmi les branches des ganglions ce qu'on est convenu d'appeler les racines craniennes du grand sympathique.

Parmi les trois ganglions cervicaux du grand sympathique, le supérieur est, sans contredit, le plus important par le nombre considérable de rameaux qu'il fournit, et celui dont la description est la plus compliquée.

Nous commencerons cette description par le ganglion cervical inférieur, remontant ainsi jusqu'au supérieur.

A. — Branches du ganglion cervical inférieur.

Ce ganglion, situé, ainsi que nous l'avons déjà vu, au niveau du col de la première côte, qu'il embrasse, fournit trois espècee de rameaux : 1° un rameau supérieur ou nerf vertébral ; 2° des rameaux externes ou artériels ; 3° des rameaux internes ou viscéraux.

Nerf vertébral. — Le nerf vertébral naît à la partie supérieure

du ganglion, et se porte en haut dans le trou vertébral des apophyses transverses des dernières cervicales.

Il accompagne l'artère vertébrale et donne, en passant à côté des nerfs cervicaux inférieurs, un filet anastomotique à chacun des trois derniers. Ces filets sont ordinairement décrits comme des *racines* du grand sympathique. Après avoir fourni ces filets, le nerf vertébral arrive dans le crâne avec l'artère vertébrale. Il accompagne le tronc basilaire et va s'anastomoser à la surface des artères cérébrales avec le *nerf vertébral du côté opposé* et avec des *rameaux intra-craniens* venus du ganglion cervical supérieur et accompagnant l'artère carotide interne.

Indépendamment du nerf vertébral, ce ganglion fournit un petit *filet anastomotique* à la branche inférieure du premier nerf dorsal.

Rameaux artériels. — Ces rameaux, en nombre variable, se portent à la surface de l'artère sous-clavière, qu'ils accompagnent jusqu'au creux axillaire. Ces rameaux se divisent comme l'artère et accompagnent ses branches collatérales.

Rameaux viscéraux. — Les rameaux viscéraux, nés de la partie interne du ganglion, se portent en dedans et se jettent : les uns dans le *nerf récurrent* dont ils partagent la distribution, les autres dans le *nerf cardiaque moyen* venu du ganglion cervical moyen. Quelques rameaux se réunissent en groupe pour former le *nerf cardiaque inférieur*.

B. — Branches du ganglion cervical moyen.

Ce ganglion manque quelquefois. Lorsqu'il existe, on y voit un rameau qui se porte en haut dans le ganglion cervical supérieur, et un ou plusieurs rameaux vers le ganglion cervical inférieur. Ces rameaux constituent le tronc du grand sympathique. On y voit aussi les racines des quatrième, cinquième et sixième nerfs cervicaux. Les rameaux qu'il fournit peuvent être désignés sous le nom de *rameaux viscéraux*.

Rameaux viscéraux. — Ils se dirigent en dedans et se comportent de la manière suivante :

Les uns accompagnent, jusqu'au corps thyroïde, l'artère thyroïdienne inférieure, sur laquelle ils constituent le *plexus thyroïdien inférieur*.

D'autres se portent en bas et se réunissent pour former le nerf *cardiaque moyen*.

Enfin, quelques-uns se jettent dans le *nerf récurrent*, dont ils partagent la distribution.

Lorsque le ganglion cervical moyen n'existe pas, ces rameaux naissent du tronc qui unit le ganglion supérieur au ganglion inférieur.

C. — Branches du ganglion cervical supérieur.

Les rameaux qui s'étendent du ganglion aux trois ou quatre premiers nerfs cervicaux ont été décrits avec les racines du grand sympathique. Celui qui se porte en bas, vers le ganglion moyen, a été décrit avec le tronc. Nous avons réservé, pour être étudiés avec les branches du ganglion, les deux rameaux qui s'anastomosent avec les nerfs craniens, et qu'on appelle racines craniennes.

Les vrais rameaux, émanés du ganglion cervical supérieur, peuvent être divisés en supérieurs ou *intra-craniens*, postérieurs ou *musculaires et osseux*, antérieurs ou *carotidiens* ou *extra-craniens*, et internes ou *viscéraux*.

1° Rameaux supérieurs ou intra-craniens. — Ces rameaux sont au nombre de deux. L'un d'eux, peu développé, se porte en haut, vers le trou déchiré postérieur et s'anastomose, à ce niveau, avec trois nerfs craniens. Nous appellerons ce rameau *rameau cranien postérieur*.

Arrivé au niveau du trou déchiré, le rameau cranien postérieur donne plusieurs filets qui se jettent dans le glosso-pharyngien, dans le pneumogastrique et dans le grand hypoglosse. Ces filets ne peuvent pas être suivis au delà du point où ils se jettent dans le tronc de ces nerfs.

L'autre rameau cranien se porte aussi en haut, en suivant la face postérieure de l'artère carotide interne, et pénètre dans le crâne avec cette artère. Nous le désignerons sous le nom de *rameau cranien antérieur*, ou *rameau carotidien*. Examinons d'abord son trajet ; nous verrons ensuite ses ramifications.

Trajet. — Ce rameau, au niveau du canal carotidien, entoure l'artère de quelques filets connus sous le nom de *plexus carotidien*. Il accompagne l'artère dans la cavité du sinus caverneux, et constitue aussi à ce niveau un plexus, le *plexus caverneux*.

Enfin, le rameau carotidien du ganglion cervical supérieur se termine à la surface des artères que fournit la carotide interne. Toutes ces branches terminales, pour être bien comprises, doivent être considérées comme venues du plexus caverneux.

On donne le nom de *plexus caverneux* aux ramifications du

grand sympathique qui entourent la carotide interne dans le sinus caverneux. Ces nombreuses ramifications s'entremêlent avec des ramifications artérielles très nombreuses qui se trouvent à ce niveau, et constituent avec elles le *plexus artérioso-nerveux de Walther*.

Ramifications du rameau carotidien ou rameau cranien antérieur. — Ce rameau ne fournit aucune division au-dessous du crâne.

Il fournit deux filets dans le canal carotidien et un grand nombre dans le sinus caverneux.

Les deux filets qui naissent de ce rameau, dans le canal carotidien, viennent du plexus carotidien. Ce sont :

1° Un petit filet qui perfore la paroi postérieure du canal carotidien et traverse une portion du rocher, pour se jeter dans le rameau *carotico-tympanique* de Jacobson, venu du glosso-pharyngien.

2° Un filet assez volumineux, qui sort du canal carotidien, au niveau du sommet du rocher, et qui s'anastomose avec le grand pétreux superficiel, pour constituer le nerf vidien (voy. *Facial*). Ce filet se porte au ganglion sphéno-palatin, dont il forme la racine végétative. On le désigne ordinairement sous le nom de *filet carotidien du nerf vidien*, par opposition à celui de *filet cranien* donné au grand nerf pétreux superficiel.

Les filets qui naissent dans le sinus caverneux sont extrêmement nombreux. Ils partent du *plexus caverneux* et se portent à la surface des artères collatérales et terminales que fournit la carotide interne, dans l'épaisseur de tous les nerfs moteurs et sensitifs situés au niveau du plexus caverneux, et dans les tissus qui avoisinent le plexus caverneux. Parmi ces filets, on remarque :

1° Des filets qui accompagnent, d'une part, l'*artère ophthalmique* et suivent les ramifications de cette artère pour se distribuer aux organes qui remplissent la cavité orbitaire (Ribes, Chaussier), d'autre part, les *artères cérébrale antérieure*, *cérébrale moyenne* et *communicante postérieure*, qui portent jusque dans l'épaisseur de l'encéphale les nerfs connus sous le nom de *nervi nervorum*. Ils s'anastomosent avec ceux du côté opposé au niveau de l'artère communicante antérieure et avec le rameau cranien postérieur, ainsi que le nerf vertébral qui accompagne dans le crâne l'artère vertébrale et ses divisions. Cette dernière anastomose se fait au moyen de filets qui accompagnent l'artère communicante postérieure.

Parmi ces filets on remarque la racine sympathique du *ganglion ophthalmique*.

2° Des filets qui se jettent dans les nerfs moteurs et sensitifs situés au niveau du sinus caverneux. Parmi ces filets, on en voit un ou deux qui se jettent dans le *nerf moteur oculaire externe*; un autre, peu volumineux, qui s'anastomose avec le *nerf moteur oculaire commun* (Bock); un troisième, plus grêle, qui s'anastomose avec le *nerf pathétique*; un quatrième, plus ou moins ramifié, qui se jette dans le ganglion de Gasser du *trijumeau*, à sa face inférieure; un cinquième, qui se perd dans la *branche ophthalmique de Willis*, branche supérieure du trijumeau, et un sixième, qui se porte en avant dans le *ganglion ophthalmique*, et qui constitue sa racine végétative.

3° Des filets qui se perdent dans les tissus avoisinant le plexus caverneux. Parmi ces filets, les uns se jettent dans le *corps pituitaire*, d'autres se rendent à la dure-mère qui recouvre le *sphénoïde*, d'autres enfin à la muqueuse des sinus sphénoïdaux, après avoir traversé la paroi osseuse de ces sinus.

L'ensemble des rameaux nerveux que nous venons d'énumérer constitue les *nerfs vaso-moteurs de l'intérieur du crâne, du globe oculaire et de toutes les parties molles de l'orbite.*

2° Rameaux postérieurs, musculaires et osseux. — Ces rameaux sont peu développés; ils se portent en dedans et se jettent dans les muscles long du cou et grand droit antérieur. Quelques-uns arrivent jusqu'à la ligne médiane, et traversent le ligament vertébral commun antérieur, pour se terminer dans le corps des trois ou quatre premières vertèbres cervicales (Froment).

3° Rameaux antérieurs, carotidiens ou extra-craniens. — On peut donner ce nom à des rameaux qui se portent à la surface extérieure du crâne, en accompagnant les branches de la carotide externe. Ils viennent de la partie antérieure du ganglion, en nombre variable, de trois à six, et se portent en avant vers la bifurcation de la carotide primitive. Au niveau de cette artère, ces rameaux se mélangent aux filets venus du glosso-pharyngien et du pneumogastrique, et forment avec eux un plexus inextricable, *plexus intercarotidien.*

Le plexus intercarotidien embrasse la bifurcation de la carotide primitive et envoie toutes ses branches à la surface de la carotide externe, dont elles suivent toutes les ramifications. Ces branches forment, autour des ramifications artérielles, autant de plexus qui portent les mêmes noms que les artères. Par conséquent :

1° L'artère thyroïdienne supérieure est accompagnée par le *plexus thyroïdien supérieur*, qui partage sa distribution au corps thyroïde et au larynx;

2° L'artère linguale est accompagnée par le *plexus lingual*, qui se termine comme l'artère dans l'épaisseur de la langue ;

3° L'artère faciale est accompagnée par le *plexus facial*, qui partage sa distribution. Ce plexus fournit la racine végétative du ganglion sous-maxillaire, au niveau de la glande sous-maxillaire ;

4° L'artère auriculaire postérieure est accompagnée par le *plexus auriculaire postérieur*, dont les branches se perdent dans les tissus des régions auriculaire et mastoïdienne ;

5° L'artère occipitale est accompagnée par le *plexus occipital*, dont les branches se perdent dans les tissus de la région occipitale ;

6° L'artère pharyngienne inférieure est accompagnée par le *plexus pharyngien inférieur*, qui se termine dans le pharynx ;

7° L'artère temporale superficielle, branche terminale de la carotide externe, est accompagnée par le *plexus temporal superficiel*, qui suit les divisions de l'artère dans le cuir chevelu ;

8° L'artère maxillaire interne, branche terminale aussi, est accompagnée par le *plexus maxillaire interne*, qui envoie des ramifications à la surface des branches collatérales et terminales de cette artère. Ces ramifications nerveuses, situées à la surface des branches artérielles, portent les mêmes noms que ses branches. C'est parmi ces filets nerveux que se trouve la racine végétative du ganglion otique. Elle naît spécialement des filets qui accompagnent l'artère méningée moyenne (voy. *Artère maxillaire interne*).

(La plupart des rameaux nerveux qui accompagnent les branches de la carotide externe s'anastomosent à leur terminaison avec les nerfs de la région appartenant au système nerveux cérébro-spinal.)

L'ensemble de tous ces rameaux extra-craniens constitue les *nerfs vaso-moteurs de la face, des muqueuses des cavités de la face et des parties profondes extra-craniennes.*

4° Rameaux internes ou viscéraux. — Le ganglion cervical supérieur donne plusieurs filets qui se portent en dedans et en bas, entre les muscles prévertébraux et l'artère carotide primitive. Ces filets peuvent être divisés en nerfs pharyngiens, œsophagiens, laryngiens, thyroïdiens et cardiaques.

Les *nerfs pharyngiens* se portent en grand nombre sur les faces latérales du pharynx, où ils forment le *plexus pharyngien*, en se mélangeant à des rameaux venus du glosso-pharyngien, du pneumogastrique et du spinal. Ce plexus inextricable est pair et situé de chaque côté du pharynx. Il se distribue aux couches qui constituent ce conduit. Si l'anatomiste ne peut pas, avec le secours d

scalpel, reconnaître quelles sont les divisions qui appartiennent à tel ou tel nerf, le physiologiste peut savoir que le glosso-pharyngien et le pneumogastrique président à la sensibilité de la muqueuse pharyngienne, que le spinal préside aux mouvements, et que le grand sympathique est préposé à la sécrétion des glandes du pharynx, aux phénomènes de circulation, et, par conséquent, à la nutrition des parties constituantes de ce conduit.

Les *nerfs laryngiens*, *œsophagiens* et *thyroïdiens*, peu nombreux et peu volumineux, se portent en groupe en arrière et en dedans de la carotide primitive, où ils reçoivent des filets du nerf laryngé supérieur. La réunion de ces nerfs constitue le *plexus laryngé*, d'où partent des ramifications pour le larynx, la portion cervicale de l'œsophage et le corps thyroïde.

Les *filets cardiaques* se réunissent et descendent vers le thorax, pour se porter au cœur. Ils constituent, par leur réunion, le *nerf cardiaque supérieur*.

2° BRANCHES DE LA PORTION THORACIQUE DU GRAND SYMPATHIQUE

Ces branches se distribuent à l'œsophage, à la trachée, aux bronches, aux poumons, au cœur et à la colonne vertébrale. Les plus inférieures se portent dans la cavité abdominale, où nous les retrouverons. Examinons donc les nerfs œsophagiens, trachéens, bronchiques, pulmonaires, vertébraux et cardiaques.

1° **Les nerfs œsophagiens** naissent à diverses hauteurs des ganglions thoraciques du grand sympathique, et se perdent dans les tuniques de l'œsophage, en se mélangeant aux branches du pneumogastrique.

2° **Les nerfs trachéens, bronchiques et pulmonaires** sont peu nombreux ; les uns viennent directement des ganglions supérieurs de la portion thoracique, les autres des nerfs cardiaques. La plupart se mélangent au plexus pulmonaire du pneumogastrique (voy. *Pneumogastrique*).

3° **Les nerfs vertébraux** traversent à diverses hauteurs les corps vertébraux pour s'y terminer ; ces nerfs sont peu nombreux.

4° **Les nerfs du cœur ou cardiaques** constituent le *plexus cardiaque*. Ce plexus est formé par une douzaine environ de nerfs cardiaques venus du pneumogastrique et du grand sympathique. Ils proviennent tous de la région cervicale et sont ordinairement au nombre de six de chaque côté. Ces nerfs, très longs et très grêles, se comportent de la façon suivante :

a. Les *nerfs cardiaques* du pneumogastrique naissent par plusieurs filets au niveau du cou et se réunissent vers le thorax, pour

former trois petits troncs. Ceux du côté droit passent au-devant du tronc brachio-céphalique, puis à droite de la crosse de l'aorte. Ceux du côté gauche passent entre la carotide primitive gauche et la sous-clavière gauche, puis sur le côté gauche de la crosse aortique.

b. Les *nerfs cardiaques* du grand sympathique naissent, de chaque côté, des trois ganglions cervicaux ; le supérieur naît du ganglion supérieur, le moyen du ganglion moyen, et l'inférieur du ganglion inférieur. Ils se portent ensuite, ceux du côté droit, à droite de la crosse de l'aorte, et ceux du côté gauche, à gauche de la même crosse, pour s'anastomoser avec ceux du côté droit et avec les nerfs cardiaques du pneumogastrique.

Le *plexus cardiaque* est constitué par la réunion de ces nerfs. Il est situé au-dessous de la crosse de l'aorte, en arrière de l'artère pulmonaire droite, en avant du canal artériel et de la bifurcation de la trachée. Il présente, au milieu des filets nerveux qui le constituent, un ganglion nerveux mentionné par Wrisberg, *ganglion de Wrisberg*.

Du plexus cardiaque partent de nombreux rameaux qui se portent : les uns sur la face antérieure de la portion ascendante de la crosse de l'aorte ; les autres entre cette portion et le tronc de l'artère pulmonaire ; d'autres, enfin, en arrière de ce tronc artériel et en avant des oreillettes. Arrivés à la base des ventricules, tous ces rameaux se groupent autour de deux artères cardiaques, pour constituer à droite le *plexus cardiaque droit*, et à gauche le *plexus cardiaque gauche*. Ces nerfs accompagnent les artères dans les sillons du cœur et se portent dans l'épaisseur de ses parois avec leurs ramifications. Remak a décrit, sur le trajet de ces filets nerveux, de petits ganglions auxquels le cœur serait redevable de la propriété qu'il a de se contracter encore pendant quelques heures, après avoir été extrait du corps d'un animal.

Il existe, dans le tissu du cœur, trois ganglions nerveux. L'un, découvert par Remak, est placé à l'embouchure de la veine cave inférieure. Un *second* est situé au niveau de la valvule auriculo-ventriculaire gauche ; il a été découvert par Bidder. Un *troisième* ganglion, découvert par Ludwig, est contenu dans la paroi même de l'oreillette.

Les rameaux nerveux, qui naissent des six ou sept derniers ganglions thoraciques, se portent en bas, en avant et en dedans ; ils se réunissent et forment de chaque côté deux troncs connus sous le nom de *nerfs splanchniques*. Ces nerfs splanchniques passent du thorax dans l'abdomen et se jettent dans le plexus solaire, où nous les retrouverons bientôt, lorsque nous étudierons les branches du grand sympathique dans la cavité abdominale.

Rameaux sympathiques du membre supérieur. — Ils viennent de trois sources principales : 1° des fibres du ganglion cervical inférieur et du ganglion thoracique supérieur ; 2° des fibres qui naissent avec celles des nerfs du plexus brachial ; 3° des fibres des 3ᵉ, 4ᵉ, 5ᵉ, 6ᵉ et 7ᵉ nerfs sympathiques dorsaux, notamment du 3ᵉ et du 7ᵉ (Cyon).

La section des racines du plexus brachial dans le canal vertébral produit une dilatation des vaisseaux du membre supérieur avec élévation de la température. Cette dilatation et cette chaleur deviennent plus considérables si on sectionne le plexus brachial en dehors du canal rachidien et plus considérables encore si on y ajoute la section du cordon de la chaîne ganglionnaire dans le thorax.

3° BRANCHES DE LA PORTION ABDOMINALE DU GRAND SYMPATHIQUE

Ces branches s'enroulent autour de l'aorte abdominale et du tronc cœliaque pour constituer le *plexus solaire*, et autour de la portion inférieure de l'aorte abdominale pour constituer le *plexus lombo-aortique*.

a. **Plexus solaire**. — On appelle plexus solaire un plexus nerveux considérable, formé par les branches du grand sympathique et par le nerf pneumogastrique droit. Des ganglions nerveux, les nerfs splanchniques et des ramifications du nerf phrénique complètent ce plexus.

Le plexus solaire est situé autour du tronc cœliaque et de la partie supérieure de l'aorte abdominale, qu'il entoure de ses nombreuses ramifications. Il partage, par conséquent, les rapports de cette artère.

Les ganglions qu'il contient sont de volume différent. Les plus petits, nombreux, sont connus sous le nom de ganglions solaires; ils sont entremêlés avec les ramifications du plexus. Les plus volumineux, au nombre de deux, constituent les ganglions semi-lunaires.

Les *ganglions semi-lunaires* sont au nombre de deux ; ils sont situés au-dessous des piliers du diaphragme, au-dessus du pancréas. Ces ganglions égalent à peu près le volume d'un petit haricot dont le bord convexe regarde en bas. De la convexité de ces ganglions partent de nombreux rameaux qui s'enchevêtrent et qui concourent à former le plexus solaire. Ils reçoivent par leur extrémité externe le nerf grand splanchnique, et souvent quelques divisions du petit splanchnique. Le ganglion semi-lunaire

droit reçoit, en outre, le pneumogastrique droit par son extrémité interne.

Nous venons de voir que le plexus solaire reçoit la terminaison des nerfs grand splanchnique et petit splanchnique, venus de la cavité thoracique.

Le *nerf grand splanchnique* naît ordinairement des cinquième, sixième, septième et huitième ganglions thoraciques du grand sympathique, par plusieurs filaments, qui se portent en bas et se réunissent en un seul tronc. Ce tronc nerveux arrive à la partie inférieure de la cavité thoracique, traverse le pilier correspondant du diaphragme, et se jette dans l'extrémité externe du ganglion semi-lunaire du même côté. Le grand splanchnique droit, en se jetant dans la partie externe du ganglion semi-lunaire droit, constitue, avec le pneumogastrique droit qui se jette à sa partie interne, une anse nerveuse, dont la concavité embrasse une bonne partie du pilier du diaphragme et qui est connue sous le nom d'*anse mémorable de Wrisberg*.

Le nerf *petit splanchnique* naît des ganglions thoraciques suivants, par de petits filaments qui forment par leur réunion un petit tronc descendant. Ce tronc traverse, comme le précédent, le pilier du diaphragme, entre le grand splanchnique et le grand sympathique.

Après avoir traversé le pilier correspondant du diaphragme, le nerf petit splanchnique se divise au-dessous de ce muscle en plusieurs rameaux, qui se portent : les uns, dans le nerf grand splanchnique, les autres dans le plexus solaire, d'autres enfin dans le plexus rénal.

Le plexus solaire représente un centre d'où partent, comme autant de rayons, une foule de faisceaux nerveux qui suivent la direction, le trajet, les divisions et la terminaison des nombreuses branches artérielles situées dans cette région. Le plexus solaire n'existe pas seulement autour du tronc cœliaque, mais encore autour de l'aorte, jusqu'au-dessous des artères rénales.

Il suffit de connaître les artères et les divisions artérielles de cette région pour connaître ces plexus secondaires qui, non seulement présentent la direction, le trajet, les rapports et la terminaison des artères qu'ils accompagnent, mais encore portent le nom de ces artères. Il existe, par conséquent (voy. *Branches de l'aorte abdominale*) :

1° Des plexus nerveux qui partent du plexus solaire et accompagnent les artères pariétales ;

2° Des plexus nerveux qui partent aussi du plexus solaire et accompagnent les artères viscérales.

Les premiers sont les *plexus diaphragmatiques* inférieurs, qui

se portent à la face inférieure du diaphragme, pour se terminer dans ce muscle et s'anastomoser avec des branches terminales du nerf phrénique. Ces plexus, qui accompagnent les artères diaphragmatiques inférieures, donnent quelques rameaux qui se portent à la capsule surrénale, en suivant l'artère capsulaire supérieure, et quelques rameaux à la partie inférieure de l'œsophage, en suivant les artères œsophagiennes inférieures.

Parmi les branches nerveuses qui accompagnent les artères pariétales, on observe encore des rameaux qui se portent en dehors, autour des artères lombaires, et qui se perdent, soit dans les parois de ces artères, soit dans les tissus des environs.

Les seconds sont très nombreux ; on peut les diviser *en principaux* qui se placent sur les artères viscérales, et en *secondaires* qui accompagnent les divisions de ces artères. Ce sont : les plexus hépatique, splénique, coronaire stomachique, mésentérique supérieur, surrénal, rénal et spermatique, pour les principaux.

1° Le *plexus hépatique* accompagne l'artère hépatique et les divisions de la veine porte dans la capsule de Glisson, jusqu'aux lobules du foie. Du plexus hépatique naissent plusieurs plexus secondaires, qui portent les noms des branches collatérales de l'artère hépatique. Ce sont : 1° le *plexus cystique*, qui se porte aux deux faces de la vésicule biliaire, comme l'artère cystique ; 2° le *plexus pylorique*, qui se porte à la partie supérieure du pylore, comme l'artère pylorique ; 3° le plexus *gastro-épiploïque droit*, qui va à la grande courbure de l'estomac et au grand épiploon, comme l'artère gastro-épiploïque droit. Comme l'artère, ce plexus, au niveau de la tête du pancréas, donne des rameaux nombreux qui accompagnent l'artère pancréatico-duodénale, et qui se ramifient dans le duodénum et dans le pancréas.

2° Le *plexus splénique* suit l'artère splénique jusqu'à la rate, où il se termine. Les filets nerveux qui constituent ce plexus ne sont pas flexueux comme l'artère, ils sont rectilignes. Dans leur trajet, les nerfs de ce plexus fournissent des plexus secondaires autour des vaisseaux courts de l'estomac, autour des vaisseaux pancréatiques, et autour de l'artère gastro-épiploïque gauche. Ces rameaux nerveux partagent la distribution des artères qu'ils accompagnent.

3° Le *plexus coronaire stomachique* accompagne l'artère de même nom le long de la petite courbure de l'estomac, et s'anastomose sur le pylore avec les ramifications du plexus pylorique. De ce plexus partent des rameaux œsophagiens pour la partie inférieure de l'œsophage, et des rameaux gastriques pour les deux parois de l'estomac.

4° Le *plexus mésentérique supérieur*, très considérable, se place

autour de l'artère de même nom et se porte avec elle dans l'épaisseur du mésentère. Comme l'artère, il est destiné à l'intestin grêle et à la moitié droite du gros intestin. Les rameaux qui naissent de ce plexus ne décrivent pas des arcades comme les artères, ils sont rectilignes ou à peu près. Ceux qui naissent de la convexité de l'artère vont à gauche dans l'intestin grêle, tandis que ceux qui naissent de la concavité se dirigent à droite et accompagnent les artères côliques droites, pour se porter avec elles à la moitié droite du gros intestin.

5° Le *plexus surrénal* accompagne l'artère capsulaire moyenne, et se termine dans la capsule surrénale, où il se mélange aux filets qui viennent du plexus diaphragmatique inférieur, avec l'artère capsulaire supérieure, et à ceux qui viennent du plexus rénal, avec l'artère capsulaire inférieure. Les nerfs de ce plexus, fort nombreux, reçoivent, en outre, au niveau de la capsule surrénale, un filet nerveux appartenant au nerf petit splanchnique.

6° Le *plexus rénal* venu, comme tous les précédents, du plexus solaire, se porte directement en dehors vers le hile du rein en accompagnant l'artère rénale. Ses ramifications se perdent dans la substance du rein et se portent en petit nombre au plexus surrénal, en suivant l'artère capsulaire inférieure, et au plexus spermatique qu'ils accompagnent jusqu'au testicule chez l'homme, jusqu'à l'utérus et l'ovaire chez la femme.

7° Le *plexus spermatique* vient de trois sources : il provient du plexus solaire, du plexus lombo-aortique et du plexus rénal, mais principalement du plexus solaire. Ces rameaux réunis se portent, avec l'artère spermatique qu'ils accompagnent, dans le canal inguinal, dans le cordon spermatique et jusqu'au testicule, où ils se terminent.

Chez la femme, ce plexus accompagne l'artère utéro-ovarienne et se termine dans l'utérus, dans l'ovaire et dans la trompe de Fallope. On le nomme *plexus utéro-ovarien*.

b. **Plexus lombo-aortique**. — On appelle ainsi les ramifications du grand sympathique qui entourent la partie inférieure de l'aorte abdominale, et qui reçoivent la partie inferieure du plexus solaire. Ce plexus se termine sur les artères iliaques.

Du *plexus lombo-aortique* naît un seul plexus, le *mésentérique inférieur*, qui suit l'artère de même nom jusqu'à sa terminaison dans le rectum. Ce plexus, dans son trajet, fournit, comme l'artère mésentérique inférieure qu'il accompagne, trois plexus secondaires à gauche ; ce sont : les plexus *côlique supérieur*, *côlique moyen*, *côlique inférieur*, qui se rendent à la moitié gauche du gros intestin.

Rameaux sympathiques du membre inférieur. — Ces nerfs, venus de plusieurs sources, sont formés surtout de *fibres vasomotrices.* Elles viennent de trois sources : 1° de la moelle épi-

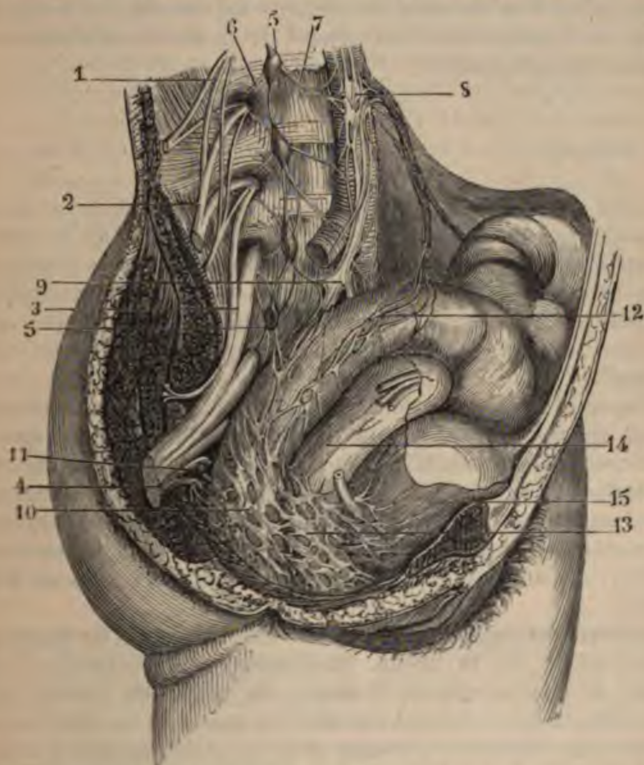


Fig. 354. — Plexus hypogastrique, plexus lombaire et plexus sacré.

1, l'une des racines du nerf crural. — 2, tronc du crural. — 3, nerf lombo-sacré et premier nerf sacré. — 4, plexus sacré. — 5, 5, ganglions du grand sympathique. — 6, filet anastomotique entre les nerfs rachidiens (branches antérieures) et les ganglions du grand sympathique. — 7, branche du grand sympathique concourant à la formation du plexus. — 8, plexus lombo-aortique du grand sympathique. — 9, bifurcation de ce plexus se portant dans les deux plexus hypogastriques. — 10, plexus hypogastrique. — 11, anastomose des nerfs sacrés avec le plexus hypogastrique. — 12, plexus mésentérique inférieur se bifurquant pour se jeter dans les deux plexus hypogastriques. — 13, ganglions situés au milieu du plexus hypogastrique. — 14, rameaux utérins. — 15, rameaux vésicaux.

nière, en même temps que les racines du sciatique et du crural dont elles partagent la distribution : 2° des ganglions de la partie abdominale du grand sympathique qui envoient des ramifications sur les nerfs du plexus lombaire et du plexus sacré ; 3° des ramifications terminales du plexus lombo-aortique qui se portent sur les parois des vaisseaux.

La section du sciatique dans le canal vertébral produit une dilatation des vaisseaux et une élévation de température dans le membre correspondant. Ces symptômes augmentent si l'on y ajoute la section du nerf en dehors du bassin; elle augmente encore si on coupe les filets venant de la portion abdominale de la chaîne ganglionnaire.

4° BRANCHES DE LA PORTION PELVIENNE DU GRAND SYMPATHIQUE

Toutes ces branches émanent de la partie antérieure des ganglions sacrés, et se portent en haut de chaque côté du rectum. Ces branches se réunissent à des rameaux venus de la partie antérieure du plexus sacré, à la terminaison du plexus mésentérique inférieur et à la terminaison du plexus lombo-aortique qui se bifurque, comme le précédent, pour se porter de chaque côté du rectum.

L'ensemble de ces nombreux rameaux nerveux constitue le *plexus hypogastrique,* plexus qui diffère de tous ceux que nous avons rencontrés jusqu'ici, en ce qu'il contient en même temps des nerfs de la vie animale et des nerfs de la vie organique, et, par conséquent, des nerfs volontaires et des nerfs involontaires. Ces nerfs forment un enchevêtrement qu'il est impossible de démêler, et l'on ne peut pas, avec le scalpel, les suivre au delà du plexus.

Le **plexus hypogastrique** est situé chez l'homme de chaque côté du rectum et de la vessie, au-dessous du péritoine; chez la femme, de chaque côté de la vessie, du vagin, du col de l'utérus et du rectum. De ce plexus partent des rameaux nombreux qui se portent aux viscères contenus dans la cavité pelvienne. Ces rameaux portent le nom de *plexus.* Nous avons, par conséquent, comme branches du plexus hypogastrique : le *plexus hémorrhoïdal moyen*, le *plexus vésical*, le *plexus prostatique.* Ajoutons, chez la femme, le plexus vaginal et le plexus utérin.

Le *plexus hémorrhoïdal moyen* se porte, en accompagnant l'artère hémorrhoïdale moyenne, vers le milieu du rectum, auquel il se distribue.

Le *plexus vésical* se jette autour du col de la vessie, mélange en partie ses filets avec ceux de la prostate, et se distribue aux parois du réservoir de l'urine.

Le *plexus prostatique* est situé autour et dans l'épaisseur de la prostate. Il envoie quelques filets nerveux aux vésicules séminales et quelques-uns au canal déférent, qu'ils accompagnent jusqu'au testicule. Ces nerfs constituent le *plexus déférentiel.*

Le *plexus vaginal* est formé par quelques filets nerveux venus du plexus hypogastrique, et se portant en dedans vers les parois du vagin.

Le *plexus utérin*, venu aussi du plexus hypogastrique, se porte sur les côtés du col de l'utérus, et se ramifie dans le col. On a beaucoup discuté sur la question de savoir si les nerfs du col utérin arrivaient jusqu'au museau de tanche ; aujourd'hui, on s'accorde à y reconnaître leur présence, mais ils sont très rares.

Terminaison du grand sympathique dans les parois vasculaires.

D'après Hénocque (thèse de Paris, 1870, n° 39), les ramifications sympathiques forment un réseau lâche, en dehors de la tunique externe des artères, composé de fibres à myéline et de fibres de Remak, réseau appelé *plexus fondamental*.

De ce plexus partent des filaments réduits à leur cylindraxe et formant en dehors de la tunique interne des artères un *plexus intermédiaire*. De ce plexus se détachent des filaments très ténus, se terminant dans les fibres musculaires et constituant le *plexus intra-musculaire*. Les *fibrilles terminales* de ce plexus se terminent par des extrémités libres dans la substance des fibres lisses.

Les mêmes plexus nerveux se rencontrent dans les parois des veines.

La plus grande partie des branches du grand sympathique se portent sur les parois vasculaires dont elles doivent être considérées comme les *vaso-moteurs*. On peut les suivre jusque sur les artérioles. Ces filaments nerveux se terminent dans les fibres lisses des artères et des veines. Plusieurs d'entre eux, dans leur trajet, entrent en relations avec un ou plusieurs ganglions ; c'est ainsi que l'on voit des nerfs sympathiques vaso-moteurs se rendre, en totalité ou en partie, aux ganglions otique, sphéno-palatin, sous-maxillaire, pulmonaires, cardiaques, vésicaux, etc. On a même constaté la présence de groupes de cellules nerveuses dans les parois vasculaires.

L'*appareil vaso-moteur* est constitué par des parties faisant fonction de centres nerveux, et par des cordons conducteurs, les fibres nerveuses, qui se rendent aux fibres musculaires des vaisseaux, dont elles règlent la constriction et la dilatation.

Il comprend des *vaso-constricteurs* qui sont en majorité, et des *vaso-dilatateurs*.

Excitation des nerfs vaso-moteurs. — L'excitation du bout supérieur du sympathique coupé produit une constriction des vaisseaux de la tête et une diminution de la chaleur, les parties congestionnées deviennent pâles, les glandes sudoripares ne sécrètent plus. De plus les vaisseaux de la cavité crânienne diminuent de volume, comme on peut le voir sur la pie-mère (Nothnagel). Si on coupe un morceau d'oreille à un lapin après section du grand sympathique, le sang s'écoule en abondance, et si on galvanise le bout supérieur l'hémorragie s'arrête (Waller). Coupez l'un des nerfs sciatique à un

La section du sciatique dans le canal vertébral produit une dilatation des vaisseaux et une élévation de température dans le membre correspondant. Ces symptômes augmentent si l'on y ajoute la section du nerf en dehors du bassin ; elle augmente encore si on coupe les filets venant de la portion abdominale de la chaîne ganglionnaire.

4° BRANCHES DE LA PORTION PELVIENNE DU GRAND SYMPATHIQUE

Toutes ces branches émanent de la partie antérieure des ganglions sacrés, et se portent en haut de chaque côté du rectum. Ces branches se réunissent à des rameaux venus de la partie antérieure du plexus sacré, à la terminaison du plexus mésentérique inférieur et à la terminaison du plexus lombo-aortique qui se bifurque, comme le précédent, pour se porter de chaque côté du rectum.

L'ensemble de ces nombreux rameaux nerveux constitue le *plexus hypogastrique*, plexus qui diffère de tous ceux que nous avons rencontrés jusqu'ici, en ce qu'il contient en même temps des nerfs de la vie animale et des nerfs de la vie organique, et, par conséquent, des nerfs volontaires et des nerfs involontaires. Ces nerfs forment un enchevêtrement qu'il est impossible de démêler, et l'on ne peut pas, avec le scalpel, les suivre au delà du plexus.

Le **plexus hypogastrique** est situé chez l'homme de chaque côté du rectum et de la vessie, au-dessous du péritoine ; chez la femme, de chaque côté de la vessie, du vagin, du col de l'utérus et du rectum. De ce plexus partent des rameaux nombreux qui se portent aux viscères contenus dans la cavité pelvienne. Ces rameaux portent le nom de *plexus*. Nous avons, par conséquent, comme branches du plexus hypogastrique : le *plexus hémorrhoïdal moyen*, le *plexus vésical*, le *plexus prostatique*. Ajoutons, chez la femme, le plexus vaginal et le plexus utérin.

Le *plexus hémorrhoïdal moyen* se porte, en accompagnant l'artère hémorrhoïdale moyenne, vers le milieu du rectum, auquel il se distribue.

Le *plexus vésical* se jette autour du col de la vessie, mélange en partie ses filets avec ceux de la prostate, et se distribue aux parois du réservoir de l'urine.

Le *plexus prostatique* est situé autour et dans l'épaisseur de la prostate. Il envoie quelques filets nerveux aux vésicules séminales et quelques-uns au canal déférent, qu'ils accompagnent jusqu'au testicule. Ces nerfs constituent le *plexus déférentiel*.

Le *plexus vaginal* est formé par quelques filets nerveux venus du plexus hypogastrique, et se portant en dedans vers les parois du vagin.

Le *plexus utérin*, venu aussi du plexus hypogastrique, se porte sur les côtés du col de l'utérus, et se ramifie dans le col. On a beaucoup discuté sur la question de savoir si les nerfs du col utérin arrivaient jusqu'au museau de tanche; aujourd'hui, on s'accorde à y reconnaître leur présence, mais ils sont très rares.

Terminaison du grand sympathique dans les parois vasculaires.

D'après Hénocque (thèse de Paris, 1870, n° 39), les ramifications sympathiques forment un réseau lâche, en dehors de la tunique externe des artères, composé de fibres à myéline et de fibres de Remak, réseau appelé *plexus fondamental.*

De ce plexus partent des filaments réduits à leur cylindraxe et formant en dehors de la tunique interne des artères un *plexus intermédiaire*. De ce plexus se détachent des filaments très ténus, se terminant dans les fibres musculaires et constituant le *plexus intra-musculaire*. Les *fibrilles terminales* de ce plexus se terminent par des extrémités libres dans la substance des fibres lisses.

Les mêmes plexus nerveux se rencontrent dans les parois des veines.

La plus grande partie des branches du grand sympathique se portent sur les parois vasculaires dont elles doivent être considérées comme les *vaso-moteurs*. On peut les suivre jusque sur les artérioles. Ces filaments nerveux se terminent dans les fibres lisses des artères et des veines. Plusieurs d'entre eux, dans leur trajet, entrent en relations avec un ou plusieurs ganglions ; c'est ainsi que l'on voit des nerfs sympathiques vaso-moteurs se rendre, en totalité ou en partie, aux ganglions otique, sphéno-palatin, sous-maxillaire, pulmonaires, cardiaques, vésicaux, etc. On a même constaté la présence de groupes de cellules nerveuses dans les parois vasculaires.

L'*appareil vaso-moteur* est constitué par des parties faisant fonction de centres nerveux, et par des cordons conducteurs, les fibres nerveuses, qui se rendent aux fibres musculaires des vaisseaux, dont elles règlent la constriction et la dilatation.

Il comprend des *vaso-constricteurs* qui sont en majorité, et des *vaso-dilatateurs.*

Excitation des nerfs vaso-moteurs. — L'excitation du bout supérieur du sympathique coupé produit une constriction des vaisseaux de la tête et une diminution de la chaleur, les parties congestionnées deviennent pâles, les glandes sudoripares ne sécrètent plus. De plus les vaisseaux de la cavité crânienne diminuent de volume, comme on peut le voir sur la pie-mère (Nothnagel). Si on coupe un morceau d'oreille à un lapin après section du grand sympathique, le sang s'écoule en abondance, et si on galvanise le bout supérieur l'hémorragie s'arrête (Waller). Coupez l'un des nerfs sciatique à un

chien et faites une piqûre semblable aux deux pattes ; l'écoulement du sang sera plus abondant du côté du sciatique divisé ; mais si vous électrisez le bout périphérique du nerf, l'hémorragie s'arrêtera. Excitez les nerfs splanchniques au-dessus du diaphragme, vous amènerez la contraction des vaisseaux de l'intestin et du mésentère et vous constaterez la pâleur des intestins. Le phénomène se produit si on électrise le tronc du grand sympathique vers les 7e et 8e vertèbres dorsales.

Chaque organe, chaque région reçoit des nerfs vaso-moteurs de plusieurs sources. La langue, par exemple, en reçoit avec l'artère linguale, avec les nerfs lingual, glosso-pharyngien et hypoglosse. Si on coupe l'hypoglosse, la moitié correspondante de la langue se congestionne. Si on coupe ensuite le lingual du même côté, la congestion devient plus intense et la température s'élève.

Nerfs vaso-dilatateurs. — Le nerf vaso-dilatateur par excellence est la corde du tympan, branche du facial. Un nerf ne peut pas relâcher une fibre musculaire, il n'y a donc pas de nerf vaso-dilatateur direct. Ces nerfs agissent indirectement en suspendant l'action des vaso-constricteurs, en les paralysant pour ainsi dire.

La corde du tympan, au sortir du rocher, se jette dans le lingual et elle se termine à la langue après avoir donné un rameau à la glande maxillaire. La section de ce nerf n'a aucune action sur la circulation de ces organes. Mais si on excite la corde du tympan, ce nerf entre aussitôt en fonction, arrête l'action des vaso-constricteurs, d'où il résulte une dilatation considérable des vaisseaux de la glande. La langue devient rouge et chaude. Quand on excite la corde du tympan, la sécrétion de la salive est plus abondante et les artérioles sont tellement dilatées que le sang les traverse rapidement, distend les capillaires et parvient aux veines à l'état de sang artériel, parce qu'il n'a pas eu le temps de se désoxygéner en traversant les capillaires.

ARTICLE VI

NEURONES

Jusque dans ces dernières années, on décrivait les cellules nerveuses et les fibres nerveuses comme des éléments indépendants. Aujourd'hui, on considère la *cellule nerveuse avec tous ses prolongements* comme une individualité, un tout indivisible, un élément, auquel Waldeyer a donné le nom de *neurone*.

Un neurone comprend donc l'ensemble de la *cellule* nerveuse, de son *cylindraxe* et de ses *prolongements protoplasmiques*.

La totalité du système nerveux cérébro-spinal et du système nerveux sympathique est formée de neurones juxtaposés et superposés.

Le neurone doit être considéré comme un élément anatomique dont les prolongements ont pour fonction de conduire la vibration nerveuse, *cellulipète* dans les prolongements protoplasmiques, *cellulifuge* dans le cylindraxe.

Mais ses fonctions ne se bornent pas là. Il est aussi préposé, et c'est là un rôle permanent et considérable, dans lequel l'excitation

physique est prépondérante, à maintenir la forme et l'intégrité des tissus, où à les rétablir en cas de mutilation. C'est là sa *fonction trophique* ou *de nutrition*, inséparable, soit à l'état physiologique, soit à l'état pathologique, de l'excitation naturelle physique.

Variétés de neurones.

On distingue les *neurones périphériques* et les *neurones centraux*. Les neurones phériphériques sont formés par les *fibres nerveuses des nerfs* et leurs cellules pourvues de prolongements. Les neurones centraux sont formés par les fibres nerveuses de la substance blanche des centres nerveux avec leurs cellules et leurs prolongements.

Les neurones périphériques et centraux sont des *neurones sensitifs* et des *neurones moteurs*.

Neurones périphériques. — Le *neurone périphérique moteur* comprend : 1° les dendrites d'une cellule (courant cellulipète); 2° la cellule elle-même (motrice); 3° le cylindraxe des fibres motrices à *conduction cellulifuge*.

Des neurones moteurs sont étendus des cellules des cornes antérieures de la substance grise de la moelle épinière, ou des noyaux d'origine des nerfs craniens moteurs, aux muscles. L'ébranlement nerveux, apporté par les cylindraxes des neurones sensitifs, est transmis aux dendrites des cellules motrices; après élaboration et transformation du courant sensitif en courant moteur, à l'intérieur de la cellule, l'ébranlement passe dans le cylindraxe qui produit à son extrémité la contraction du muscle (courant cellulifuge).

Le *neurone périphérique sensitif* est formé : 1° par les fibres sensitives à *conduction cellulipète*, ou *centripète*, qui n'est autre chose qu'un prolongement protoplasmique très long; 2° par la cellule ganglionnaire; 3° par le cylindraxe des fibres nerveuses à conduction cellulifuge, étendues de la cellule du ganglion au cordon postérieur de la moelle épinière (racines postérieures des nerfs rachidiens), ou à l'encéphale.

L'ébranlement nerveux parcourt les neurones sensitifs en sens inverse des neurones moteurs, c'est-à-dire de la périphérie au centre. Les sensations sont recueillies sur tous les points sensibles, et particulièrement sur la peau et sur les muqueuses. L'onde nerveuse parcourt la fibre nerveuse (courant cellulipète), arrive aux cellules nerveuses du ganglion cranien ou rachidien, d'où elle est transmise aux cellules nerveuses des centres par les racines postérieures des nerfs rachidiens (courant cellulifuge), ou par les

racines des nerfs craniens. En somme, le *neurone sensitif périphérique* se compose d'une *fibre cellulipète*, d'une cellule active, *cellule ganglionnaire* du ganglion rachidien, et d'une *fibre cellulifuge*, allant de la cellule ganglionnaire à la substance grise des centres nerveux.

La vibration nerveuse dans les neurones. — Au point de vue physiologique, chaque cellule nerveuse peut être considérée comme un centre récepteur et producteur d'ébranlement nerveux, se transmettant aux neurones voisins et se dirigeant toujours des éléments sensitifs vers les éléments moteurs. Chaque *neurone* moteur est un télégraphe en miniature recevant le courant d'un neurone sensitif et le transmettant aux muscles. Lorsque l'excitation du neurone moteur par le courant sensitif est intense, elle peut se transmettre à d'autres neurones du voisinage et produire des mouvements réflexes étendus.

L'arc formé par le courant, dans le neurone sensitif articulé avec le neurone moteur, depuis la partie sensible jusqu'au muscle qui se contracte, est l'*arc réflexe simple*. Les arcs réflexes simples sont situés de chaque côté de la ligne médiane de la moelle.

Il ne faudrait pas croire que les ramifications d'un cylindraxe s'articulent avec les prolongements protoplasmiques d'une seule cellule nerveuse. Ce serait nier l'extension, la propagation d'un acte réflexe simple à un acte réflexe complexe.

Ébranlement des neurones. — La différence entre le cylindraxe (1) et les prolongements protoplasmiques consiste en ce que le cylindraxe conduit l'onde nerveuse projetée par la cellule, *courant cellulifuge*, tandis que les prolongements protoplasmiques recueillent et propagent, de leurs extrémités terminales à la cellule, l'incitation périphérique, transmise par l'articulation du cylindraxe d'un neurone voisin, sensitif ou moteur, et pouvant l'impressionner et mettre en jeu son action nerveuse.

Les prolongements protoplasmiques sont donc le *pôle récepteur* de la cellule à *courant cellulipète*, tandis que le cylindraxe est le *pôle de projection* de l'onde nerveuse ; quant à la cellule, elle *reçoit l'onde* d'arrivée, la renforce, l'atténue, ou la change, selon la nature du protoplasma cellulaire.

Neurones centraux. — Les neurones centraux sont situés dans la moelle et dans l'encéphale. Il y en a de longs et de courts et il y a des neurones centraux moteurs et des neurones centraux sensitifs.

(1) Ne pas oublier que dans les nerfs sensitifs le cylindraxe de la fibre nerveuse est un long prolongement protoplasmique.

Neurones centraux courts. — Les *neurones centraux courts* se rencontrent, d'une manière générale, sur les limites de la substance grise et de la substance blanche. A la moelle, ils occupent la partie profonde des cordons, et ils ont une longueur variable, qui peut ne pas excéder 2 ou 3 centimètres. Ce sont les *voies courtes* de quelques auteurs. Dans le cerveau et le cervelet, ils mettent en communication des points plus ou moins rapprochés de la substance grise.

Neurones centraux longs. — Les neurones centraux longs s'étendent parfois de l'extrémité inférieure de la moelle jusqu'au sommet du cerveau (faisceau pyramidal). Les fibres les plus superficielles des cordons de la moelle appartiennent à des neurones centraux longs, *voies longues* de quelques auteurs.

Articulation des neurones. — D'après Gerlach, on admettait autrefois un réseau anastomotique des prolongements protoplasmiques par lequel se faisait le passage du courant nerveux. Aujourd'hui, on nie la continuité de ces prolongements et par conséquent le *réseau de Gerlach*. D'après les nouvelles études, il est démontré que les ramifications de l'extrémité d'un cylindraxe s'entremêlent avec les ramifications protoplasmiques d'une cellule nerveuse. Il y a contact, appui, entre ces divers prolongements, de sorte que le courant nerveux se transmet par le seul contact des ramifications. Voilà ce que Cajal a appelé *articulation des neurones*.



Fig. 355. — Articulation des neurones (imitée de Testut).

A, premier neurone. — B, deuxième neurone. — C, neurone intercalaire.

L'ancienne conception de l'ensemble du système nerveux basée sur l'état permanent de *continuité* a fait place à la théorie de *contiguïté* de ses éléments constitutifs. Nous savons aujourd'hui qu'il est formé de neurones séparés, contigus seulement au moment où passe le courant nerveux, dont la traversée devient ainsi sujette à de plus ou moins nombreux obstacles suivant le nombre même des *relais*, ou d'*articulations*.

Chaînes de neurones. — Je me ferai comprendre par un

exemple. Il est reconnu que les neurones périphériques se terminent à la substance grise de la moelle ou aux noyaux d'origine des nerfs craniens. La moelle étant le siège des mouvements involontaires ou inconscients, comment expliquer la transmission de l'ébranlement nerveux au cerveau pour l'accomplissement des

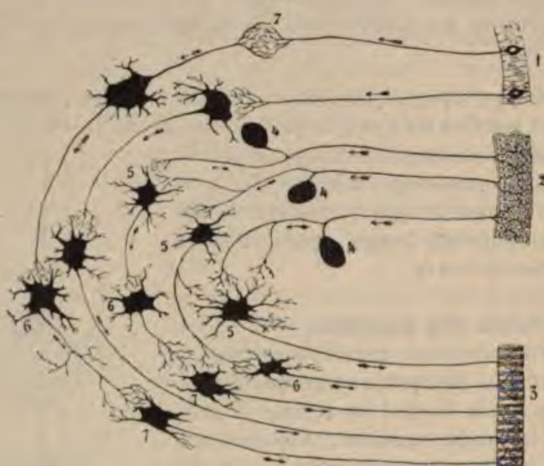


Fig. 356. — Divers neurones et chaînes de neurones, figure schématique (imitée de Poirier).

1, épithélium avec cellules nerveuses périphériques intercalées. — 2, un épithélium sensitif quelconque. — 3, muscle. — 4, 4, 4, ganglions rachidiens recevant les fibres sensitives périphériques. — 5, 5, 5, cellules de la substance grise, dont les dendrites s'articulent avec la branche efférente du ganglion rachidien (racine postérieure). — 6, 6, à gauche, neurones d'association; 6, en bas, cellule motrice articulée avec un neurone d'association et envoyant son cylindraxe au muscle dans le sens de la flèche. — 7, en haut, articulation du cylindraxe de la cellule olfactive 1. — 7, 7, en bas, cellules motrices dont les dendrites s'articulent avec les neurones d'association 6, 6 et dont le cylindraxe se porte au muscle 3.

mouvements volontaires, conscients? Par les *chaînes de neurones*.

En effet, dans *l'arc réflexe simple,* l'impression, conduite par les racines postérieures sensitives de la moelle, est transmise aux cellules motrices de la corne antérieure par les collatérales des racines (mouvements involontaires). Il y a ici une seule articulation.

Dans l'*acte réflexe plus complexe*, par exemple quand on provoque, par une forte excitation, les mouvements des quatre membres d'une grenouille décapitée, l'ébranlement du neurone sensitif périphérique se propage, par articulation, aux prolongements d'autres neurones moteurs, dans une sphère plus ou moins étendue. Tous ces mouvements sont *réflexes*, *involontaires*, *in-*

conscients. Dans les mouvements volontaires le *panache terminal* de la racine postérieure d'un nerf rachidien s'articule avec les *dendrites* des cellules du bulbe, lesquelles envoient à leur tour leur cylindraxe aux cellules sensitives de l'écorce cérébrale, en suivant la voie du *faisceau sensitif*, qui parcourt le pédoncule cérébral et la partie postérieure de la capsule interne.

L'impression est transmise aux cellules pyramidales motrices



Fig. 357. — Chaînes de neurones. A droite de la figure et en bas, arc réflexe simple, mouvements inconscients. A partir de la bifurcation de droite, le sens des flèches indique le courant des impressions sensitives se transformant en une chaîne de neurones à partir du cerveau (mouvements volontaires).

La ligne d'en haut indique les circonvolutions cérébrales. Le petit dessin en bas et à droite est une surface épithéliale, les deux autres, en bas, sont des muscles.

Le courant partant de la surface épithéliale sensible monte vers le ganglion et se bifurque ensuite ; la branche qui passe par la corne postérieure s'articule avec la cellule motrice, dont le cylindraxe va aux muscles (arc réflexe inconscient), l'autre branche ascendante s'articule avec un neurone d'association sensitif, dont le cylindraxe va s'articuler avec une cellule motrice des circonvolutions. De cette cellule motrice part l'incitation motrice qui suit un trajet inverse dans le sens des flèches descendantes, le long de la moelle, par un cylindraxe dont les arborisations terminales s'articulent avec les dendrites d'une cellule motrice de la corne antérieure, cellule dont le cylindraxe se rend aux muscles (mouvement conscient).

des circonvolutions qui la transforment en courant moteur. Celui-ci descend par les fibres motrices du faisceau pyramidal (neurones centraux) qui arrivent directement aux cornes antérieures de la moelle où elles s'articulent avec les cellules motrices des neurones moteurs périphériques.

Reprenons ce trajet. — Le premier neurone s'étend de la sur-

face sensible à la cellule du ganglion rachidien ; le deuxième, de cette dernière cellule à la cellule du bulbe, enfin le troisième, de la cellule du bulbe à la cellule des circonvolutions cérébrales. Voilà une *chaîne de neurones sensitifs*. La *chaîne des neurones moteurs* est moins compliquée, puisqu'il n'y en a que deux : le premier étendu de l'écorce cérébrale aux cornes antérieures de la moelle et le deuxième des cornes antérieures aux muscles.

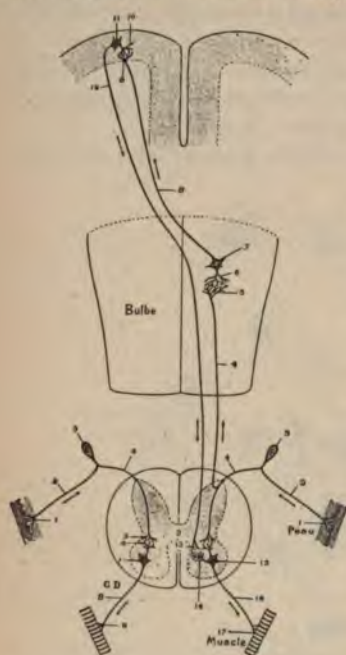


Fig. 358. — Divers neurones indiquant la direction du courant sensitif, du courant moteur réflexe et du courant moteur volontaire (figure extraite de la thèse du Dr Ch. Pupin).

De 1 à 17, à droite, voie réflexe formant, de chaque côté de la moelle l'arc réflexe simple, dont les extrémités sont 1 et 17.

A gauche, voie réflexe simple, détachée de la voie sensitive et de la voie motrice générale. L'arc réflexe s'étend de 1 à 9, avec articulation des neurones en 5 et 6.

De 1 à 10. Voie sensitive. En 3 est le ganglion rachidien ou la racine sensitive rachidienne donne la collatérale réflexe. — 5 et 6, articulation de deux neurones sensitifs dans le bulbe (noyau de Burdach). 10 et 11, articulation du neurone sensitif 10 avec le neurone moteur 11 dans la substance grise des circonvolutions. — 12, voie motrice volontaire directe du cerveau à la moelle. — 13, 14, articulation du neurone moteur central 12, 13, avec le neurone périphérique 15 qui porte au muscle 17, l'ordre de la contraction.

On appelle *arc cérébral* le trajet formé par l'ébranlement nerveux, de la surface sensible aux muscles qui se contractent, en passant par la chaîne de neurones sensitifs, aboutissant aux cellules des circonvolutions et revenant par la chaîne des neurones moteurs.

Le courant, partant de la surface épithéliale sensible, monte vers le ganglion et se bifurque ensuite ; la branche qui passe par la corne postérieure s'articule avec la cellule motrice, dont le cylindraxe va aux muscles (arc réflexe inconscient), l'autre branche ascendante s'articule avec un neurone d'association sensitif, dont le cylindraxe va s'articuler avec une cellule motrice des circonvolutions. De cette cellule motrice part l'incitation motrice qui suit un trajet inverse dans le sens des flèches descendantes, le long de la moelle, par un cylindraxe dont les arborisations terminales s'articulent avec les dendrites d'une cellule motrice de la corne antérieure, cellule dont le cylindraxe se rend aux muscles (mouvements conscients).

Divers neurones centraux. — Il y a dans les centres nerveux : 1° des *neurones d'association* qui s'étendent d'un point à un autre de la substance grise du même côté, entre deux points plus ou moins rapprochés des circonvolutions ; 2° des *neurones commissuraux* qui font partie des commissures, comme ceux du corps calleux ; 3° des *neurones de projection* qui partent de l'écorce cérébrale et se rendent à la substance grise des corps opto-striés, de la protubérance, du bulbe, ou de la moelle.



Fig. 359. — Neurones d'association cérébraux (Cajal).

1, extrémité antérieure d'un hémisphère. — 2, extrémité postérieure. — 3, corps calleux. — 4, cellule pyramidale de l'écorce cérébrale occipitale dont le cylindraxe se rend à une cellule du lobe frontal en 8. — 5, collatérale de ce neurone. — 6 et 7, deux neurones d'associations allant du lobe occipital au lobe frontal.

On donne le nom de *neurones d'association cérébraux* à ceux qui s'étendent d'un point à un autre du même hémisphère. Les *neurones d'association médullaire* sont ceux de la moelle. Il y a enfin les *neurones d'association cérébelleux.*

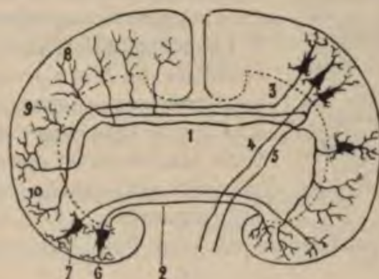


Fig. 360. — Neurones cérébraux commissuraux (coupe verticotransversale).

1, neurones du corps calleux. — 2, neurones de la commissure antérieure. — 3, cellule pyramidale ou neurone dont le cylindraxe part d'un hémisphère et se porte dans l'hémisphère opposé en 10, en fournissant une collatérale 9. — 4, 5, deux neurones commissuraux donnent une collatérale qui devient neurone de projection, l'un se terminant en 8. — 6, 7, deux neurones commissuraux de la commissure antérieure.

Résumé des neurones. — Il résulte des découvertes, faites au moyen des méthodes nouvelles, qu'on est arrivé à connaître la direction des divers prolongements des cellules nerveuses motrices et sensitives par rapport à l'axe cérébro-spinal.

En effet, qu'observe-t-on dans les *neurones périphériques sensitifs?* Ces neurones sensitifs ont *tous* leurs cellules d'origine en dehors de l'axe cérébro-spinal. Ils envoient leurs prolongements protoplasmiques vers la périphérie et leurs prolongements cylindraxiles vers les centres nerveux.



Fig. 361. — Neurones d'association cérébelleux.

1, 3, 5, cylindraxes venus de deux cellules de Purkinje 6 et 7 (trajet centrifuge). — 2, 4, fibre grimpante, cylindraxe d'une neurone médullaire venu de la colonne de Clarke. — 6, cellule de Purkinje isolée. — 7, ramifications en corbeille environnant une cellule de Purkinje. — 8, 9, corbeilles entourant des cellules de Purkinje. — 10, cylindraxe donnant plusieurs collatérales qui forment des corbeilles péricellulaires.

C'est le contraire dans les *neurones moteurs périphériques.* Ils ont leurs prolongements protoplasmiques et leurs cellules d'origine dans les centres nerveux et leur prolongement cylindraxile se dirige vers la périphérie.

Il en est de même pour les neurones centraux : 1° Les *neurones sensitifs centraux* ont leurs prolongements protoplasmiques et leurs cellules d'origine dans les parties inférieures de l'axe cérébro-spinal, tandis que leurs prolongements cylindraxiles se dirigent vers les parties supérieures de cet axe ; 2° Les *neurones centraux moteurs*, ou centraux ont leurs prolongements protoplasmiques et leurs cellules d'origine à la partie supérieure des centres nerveux tandis qu'ils envoient le prolongement cylindraxile dans les parties inférieures.

Se fondant sur ces faits acquis, Van Gehuchten résume ainsi les neurones :

1° Les *neurones moteurs centraux* ont leurs cellules *en haut* ; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *ascendants*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *descendants.*

2° Les *neurones sensitifs centraux* ont leurs cellules *en bas ;* leurs prolongements *protoplasmiques* sont *descendants*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *ascendants.*

3° Les *neurones moteurs périphériques* ont leurs cellules dans l'axe cérébro-spinal ; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *centraux*, leurs prolongements *cylindraxiles* sont *périphériques*.

4° Les *neurones sensitifs périphériques* ont leurs cellules en

dehors de l'axe nerveux; leurs prolongements *protoplasmiques* sont *périphériques* et leurs prolongements *cylindraxiles* sont *centraux*.

N'oublions pas, à propos des fonctions du neurone, les conclusions de Ramon y Cajal.

a) Le cylindraxe se termine toujours par des extrémités libres après s'être, ou non, ramifié à sa terminaison.

b) Les dendrites se terminent toujours également par des extrémités libres.

c) Jamais les ramifications cylindraxiles ou protoplasmiques ne

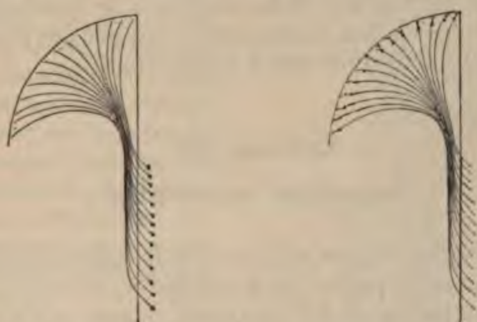


Fig. 362. — Schéma des neurones centraux (Van Gehuchten).

A gauche, neurones sensitifs dont les cellules trophiques sont en bas. A droite, neurones moteurs, dont les cellules trophiques sont en haut. La ligne verticale représente l'axe des centres nerveux et montre l'entrecroisement des fibres.

s'anastomosent pour former des mailles entre elles ou avec les divisions d'un autre neurone. Les divers prolongements sont contigus et non continus.

d) Les neurones sont engagés dans l'organisme comme les ramifications d'une forêt vierge, qui se touchent sans avoir entre elles aucune communication.

Gamoneurones, (de γαμος, mariage.) — Deux neurones peuvent être anormalement accouplés, et on peut considérer ces cas comme des monstruosités. Renaut cite des *neurones jumeaux* dans lesquels deux cellules se tiennent accolées par des expansions membraniformes, absolument comme les frères Siamois, sous le nom de *neurones couplés*, Renaut décrit la réunion anormale de deux neurones dans laquelle l'un des prolongements protoplasmique d'une cellule se jette dans l'autre cellule, au lieu de se ramifier. Dans tous les cas observés, une seule des deux cellules émettait un cylindraxe, l'autre était une grande cellule anacrine.

Lois concernant les fibres sensitives. *Première loi.* — Toutes les fibres nerveuses sensitives, sauf de rares exceptions, s'entre-croisent avant d'arriver au cerveau. — La plus grande partie s'entre-croise dans le bulbe (cordon postérieur) ; celles qui ne s'entre-croisent pas dans le bulbe s'entre-croisent à leur origine, dans la moelle (faisceau sensitif de Gowers).

Deuxième loi. — Toutes les fibres sensitives des nerfs rachidiens se continuent directement avec les fibres de la face postérieure de la moelle (cordon postérieur et partie postérieure du cordon latéral).

De ce que la plupart des fibres sensitives se terminent dans la partie postérieure de la substance grise, on pouvait conclure à la conduction de la sensibilité par la substance grise.

ARTICLE VII

CENTRES NERVEUX

Les centres nerveux, *axe cérébro-spinal,* sont contenus dans la cavité du crâne et du rachis. Ils se composent de la *moelle,* située dans le canal rachidien, et de l'*encéphale*, dans la cavité cranienne.

L'axe cérébro-spinal est formé d'une *substance nerveuse* bien différente de celle des nerfs et des ganglions.

J'en dirai quelques mots, puis je décrirai l'axe cérébro-spinal en procédant de bas en haut, c'est-à-dire en commençant par la moelle épinière.

§ 1. — SUBSTANCE NERVEUSE

La substance nerveuse est blanche en certains points, *substance blanche*, et grise en d'autres, *substance grise*. Les deux substances ont une structure et une fonction différentes. Elles reçoivent de nombreux *vaisseaux*, et leurs éléments essentiels, fondamentaux, sont unis entre eux par une substance, la *névroglie*. Examinons successivement la substance blanche, la substance grise, les vaisseaux de ces deux substances, et la névroglie.

1° *Substance blanche des centres nerveux.*

La substance blanche ne contient que des *fibres nerveuses*, c'est-à-dire des fils conducteurs de l'ébranlement nerveux. Elle renferme en outre des *vaisseaux* et de la *névroglie*.

Les fibres nerveuses sont les prolongements cylindraxiles des neurones centraux, sensitifs, moteurs ou psychiques, allant s'articuler avec les prolongements protoplasmiques d'une cellule nerveuse. Les fibres qui sont étendues entre deux cellules plus ou moins éloignées dans le même h misphère, sont les *fibres d'association*. Celles qui réunissent deux cellules appartenant aux deux hémisphères sont les *fibres commissurales*. Enfin celles qui vont des cellules de l'écorce cérébrale aux cellules des noyaux gris de la base du cerveau, de la protubérance, du bulbe ou de la moelle, constituent les *fibres de projection* (voy. *Neurone*).

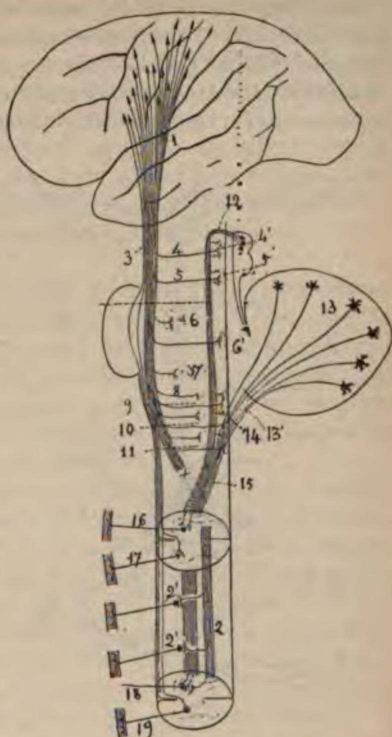


Fig. 363. — Origine et trajet des fibres motrices des centres nerveux d'après l'état actuel de la science (Van Gehuchten).

1, 3, fibres motrices du faisceau pyramidal (voie motrice centrale corticale) entrecroisées au bulbe, entre 15 et 16 pour former le faisceau pyramidal latéral. — 2, 2', 2, articulation de deux neurones moteurs périphériques avec deux neurones moteurs centraux de la voie réflexe. — 3, faisceau pyramidal condensé.

De 4 à 11, fibres motrices fournies par le faisceau géniculé, accolé au faisceau pyramidal, aux nerfs craniens, depuis le 3e jusqu'au 11e. — 12, filets fournis par ce faisceau au grand hypoglosse. — 13, 13', 15, 16, 18, fibres cérébello-médullaires articulées avec les fibres du faisceau latéral en 18 (voie motrice centrale réflexe). — 17, neurone de la corne antérieure articulé avec un neurone de la voie motrice centrale réflexe. — 18, 19, articulation d'un neurone moteur périphérique avec un neurone moteur central du faisceau pyramidal.

Les *fibres nerveuses, à courant ascendant*, ou *sensitif*, sont les cylindraxes de neurones situés dans les parties inférieures des centres nerveux ou dans les cellules des ganglions rachidiens. Ils se dirigent en haut et articulent leurs arborisations avec les dendrites d'une cellule sensitive située plus haut, soit dans le bulbe, soit plus haut, et même dans le cerveau, où après un relai, ou des relais successifs, ils viennent s'articuler avec les dendrites, ou prolongements protoplasmiques des cellules motrices de l'écorce cérébrale. Quelques-unes de ces fibres, les plus voisines de la substance grise, sont courtes, et font communiquer deux cellules peu éloignées (voies sensitives courtes).

Les *fibres nerveuses à courant descendant*, ou *motrices*, naissent des circonvolutions avoisinant la scissure de Rolando et se dirigent en bas sous forme de cylindraxes de *neurones moteurs cérébraux*, pour s'articuler avec les dendrites d'autres neurones moteurs avec lesquels elles forment une chaîne de neurones. Leur terminaison a lieu par une articulation avec les dendrites des cellules des noyaux d'origine des nerfs moteurs craniens et de la corne antérieure de la substance grise de la moelle, d'où partent les racines motrices des nerfs rachidiens (neurones moteurs périphériques).

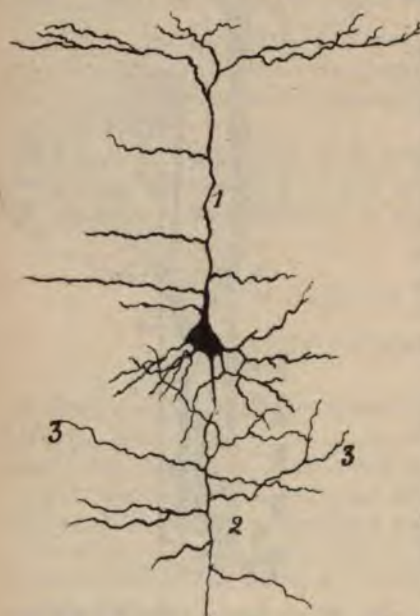


Fig. 364. — Cellule nerveuse de la substance corticale du cerveau d'une souris blanche âgée de neuf jours, montrant les ramifications du cylindraxe (d'après van Gehuchten).

1, prolongement protoplasmique. — 2, cylindraxe. — 3, collatérales.

Les fibres nerveuses des centres diffèrent de celles des nerfs en ce qu'elles sont dépourvues de gaine de Schwann. Elles n'ont pas d'étranglements annulaires comme les fibres des nerfs. Elles présentent à leur surface des noyaux isolés avec une lame mince de protoplasma.

Toutes les fibres des centres nerveux sont des *fibres intrinsèques*. Aucune ne se continue avec les racines des nerfs, qui émanent des cellules nerveuses et forment les *fibres nerveuses extrinsèques* des centres nerveux.

La substance blanche des centres nerveux est d'un blanc éclatant *couleur* due à la myéline des fibres nerveuses.

Est-il besoin de dire que les fibres *intrinsèques* des centres nerveux sont celles qui relient entre elles les diverses parties des centres nerveux, et que les fibres *extrinsèques* relient les centres nerveux à des organes plus ou moins éloignés ?

Sa *consistance* est molle et rappelle la pâte de guimauve récemment préparée. Les fibres, dépourves de gaine de Schwann, ne sont pas séparables sans préparation préalable, elles adhèrent les

unes aux autres, à tel point qu'il est impossible de suivre une fibre nerveuse pendant un certain trajet. Cette substance blanche paraît un peu plus solide dans la moelle épinière, mais ce n'est là qu'une apparence due à ce que la pie-mère rachidienne et les cloisons de la névroglie, lui donnent une certaine résistance.

La substance blanche des centres nerveux, de même que la grise, a une odeur *sui generis*, qu'il est difficile de définir, mais cette odeur est, en général, désagréable aux anatomistes qui montrent une certaine répugnance pour les mets contenant de la cervelle.

Au moment où une fibre nerveuse pénètre dans la substance grise, pour s'unir à la cellule qui forme avec elle un neurone, la fibre nerveuse se dépouille de sa gaine de myéline et parcourt la substance grise, jusqu'à la cellule, à l'état de cylindraxe nu. Les fibres nerveuses des nerfs se comportent de même, et de plus, elles abandonnent leur gaine de Schwann, au moment où elles pénètrent entre les fibres de la substance blanche.

Les fibres des centres nerveux se bifurquent souvent et même se ramifient, surtout à leurs extrémités. Un exemple de bifurcation se rencontre dans les fibres des cordons postérieurs de la moelle, continuation des racines postérieures des nerfs rachidiens, qui se divisent en branche ascendante et branche descendante. Elles fournissent de nombreuses *branches collatérales*, au moyen desquelles elles communiquent avec les cellules de la substance grise. Avant les récentes découvertes, on croyait que les fibres nerveuses étaient indivisibles et on ne connaissait pas leurs collatérales.

La substance blanche forme une enveloppe à la substance blanche de la moelle. Dans le cerveau elle est recouverte par la substance grise corticale.

Les *vaisseaux* et la *névroglie* de la substance blanche étant communs à cette substance et à la substance grise, je les décrirai avec la substance grise.

2° *Substance grise des centres nerveux*

La substance grise est formée, essentiellement, de *cellules nerveuses* qui y sont répandues à profusion, et accessoirement de *vaisseaux* et de *névroglie*, éléments qui lui sont communs avec la substance blanche. Tous ces éléments sont unis par un *ciment interstitiel*.

Rapports de la substance grise et de la substance blanche. — Les deux substances sont intimement unies l'une à l'autre. Rien, absolument rien, ne les sépare. Sur leur limite respective, elles se

confondent à tel point que la plupart des éléments de l'une pénètrent dans l'autre.

De la substance blanche se détachent les cylindraxes des fibres qui se continuent avec les cellules de la substance grise. Les mêmes vaisseaux alimentent les deux substances et vont de l'une



Fig. 365. — Substance grise de la corne antérieure d'une moelle de bœuf.

a, cellule nerveuse. — b, cylindraxes. — c, substance amorphe. On voit en haut, les fibres nerveuses de la substance blanche.

à l'autre. Enfin elles sont réunies par les éléments de la névroglie qui passent sans interruption de la substance blanche dans la substance grise.

La substance grise est sensiblement la même dans la moelle, dans le cervelet et dans le cerveau. Elle est parcourue par des fines fibres myéliniques et surtout par des cylindraxes nus.

Répartition des cellules. — La cellule nerveuse est l'élément *prédominant*, le seul élément important, pour ainsi dire, de la substance grise. Les cellules y existent en nombre infini, non pas irrégulièrement disséminées, mais réunies par groupes physiologiques.

La substance grise siège dans l'axe des centres nerveux depuis la partie antérieure du ventricule moyen jusqu'au *filum terminale*. Elle forme une couche plus ou moins épaisse autour du canal de la moelle, de l'aqueduc de Sylvius et d'une partie du ventricule moyen. Nous verrons que les cellules motrices se trouvent à la partie antérieure du canal de l'épendyme et les cellules sensitives à sa partie postérieure, ceci étant dit d'une manière générale.

Dans la moelle, elle est entourée complètement par la substance blanche.

Dans le cervelet elle forme une *couche grise* à la surface des lames et des lamelles ; elle constitue aussi les parois de l'olive cérébelleuse.

Dans le cerveau elle porte le nom d'écorce du cerveau, de *substance corticale*.

A la base du cerveau, elle se montre sous la forme de deux énormes masses ganglionnaires, les *couches optiques* et les *corps striés*.



Fig. 366. — Substance grise de la corne antérieure de la moelle du squale. Cellules multipolaires.

a, cellules nerveuses. — *b*, *c*, prolongements. — *d*, coupe de la substance blanche.

Dans le pédoncule cérébral, nous la trouverons sous le nom de *locus niger* de Sœmmering.

Dans la protubérance et le bulbe, elle est disséminée et entremêlée avec les fibres nerveuses (formation réticulaire).

Nous verrons, en décrivant chacune des parties des centres nerveux, la situation occupée par les cellules nerveuses qui sont disposées d'une manière différente dans la moelle, dans le cervelet et dans le cerveau.

Ce qu'on peut dire de général, c'est que toutes les cellules des centres nerveux sont nues, c'est-à-dire dépourvues d'enveloppe, et qu'elles appartiennent presque toutes au type *multipolaire*. Dans les régions où la substance grise est superficielle (cerveau et cervelet) le cylindraxe prend son origine sur la partie interne de la cellule et se dirige vers l'axe des centres nerveux ; lorsque la substance grise est centrale (moelle) les cylindraxes prennent naissance sur la partie périphérique de la cellule.

3° *Vaisseaux de la substance grise et de la substance blanche.*

Nous verrons, avec chaque partie des centres nerveux, quels vaisseaux sanguins les alimentent.

La substance grise est beaucoup plus vasculaire que la blanche et les processus inflammatoires y sont fréquents. En règle générale, on peut dire que les capillaires de la substance nerveuse sont très minces et qu'ils affectent des rapports particuliers avec les éléments de la névroglie.

Dans la substance blanche, les capillaires forment des mailles allongées dans le sens des fibres et recourbées en forme d'anses, ainsi que l'a fait remarquer Renaut. Dans la substance grise, le réseau forme des mailles polygonales autour des cellules nerveuses.

Lymphatiques. — La lymphe, exsudée des capillaires sanguins, se rencontre dans les espaces interorganiques et dans les gaines périvasculaires.

Les *espaces interorganiques*, niés par quelques-uns, admis par le plus grand nombre, sont situés entre les éléments de la substance nerveuse. Ce sont des espaces libres, sans revêtement endothélial, contenant un liquide transparent, la lymphe. avec des cellules lymphatiques douées de mouvements amiloïdes, qui se multiplient extraordinairement dans l'inflammation et dans l'œdème.

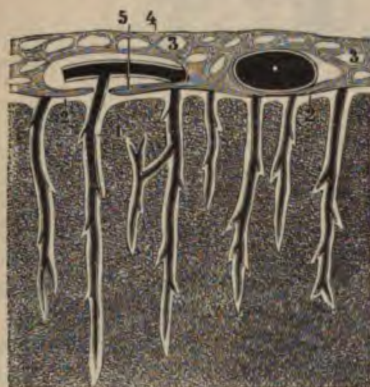


Fig. 367. — Gaines lymphatiques (d'après His).

1, gaine lymphatique autour d'une artériole. — 2, 2, espace lymphatique épicérébral entre le cerveau et la pie-mère. — 3, 3, espaces arachnoïdiens. — 4, arachnoïde. — 5, pie-mère.

Les *gaines lymphatiques* sont formées par une mince membrane qui entoure les vaisseaux sanguins à la manière d'un tube. Ces gaines sont revêtues, à leur surface interne, d'un endothélium qui se réfléchit sur la paroi vasculaire et sur les tractus conjonctifs irréguliers qui s'étendent de la paroi vasculaire à la face interne de la gaine.

Les gaines lymphatiques, décrites par Ch. Robin, en 1858, entou-

rent les veinules et les artérioles, mais elles sont plus développées sur les artérioles. Elles contiennent un liquide transparent renfermant quelques cellules lymphatiques, et elles s'ouvrent dans l'espace sous-arachnoïdien à la surface des centres nerveux. Vers leur partie profonde, elles se terminent en cul-de-sac au moment où l'artériole devient capillaire. A ce niveau, la paroi de la gaine se confond avec la paroi vasculaire.

4° *Névroglie.*

On donne ce nom à une substance particulière interposée entre les éléments nerveux et leur servant, pour ainsi dire, de charpente molle, de soutien. C'est une production ectodermique comme les éléments nerveux eux-mêmes.

Keuffel découvrit la *névroglie* en 1811, et Virchow lui donna ce nom en 1851. Il décrivit cette substance comme une *charpente de soutènement* des éléments nerveux. Elle fut considérée longtemps comme d'origine conjonctive. Mathias Duval ayant démontré, en 1877, que la névroglie est d'origine ectodermique, et Renaut ayant prouvé, en 1882, que les cellules de la névroglie naissent de l'ectoderme, on ne peut plus soutenir la nature conjonctive de cette substance, puisque tous les éléments conjonctifs naissent du mésoderme. La question est de savoir si la substance des centres nerveux contient uniquement de la névroglie ou bien un mélange de névroglie et de tissu conjonctif.

Si nous nous reportons aux premiers jours de l'incubation, nous



Fig. 368. — Coupe d'une partie du canal neural au début de sa formation (d'après His).

On y voit les cellules épendymaires, la limitante interne, la limitante externe et trois cellules germinatives, en karyokinèse, contre la limitante interne.

voyons, après la transformation de la *gouttière neurale* en *canal neural*, un tube uniforme étendu d'une extrémité à l'autre du névraxe. La cavité de ce tube se dilate rapidement, en avant, pour former les vésicules cérébrales et, plus tard, les *ventricules* de

l'encéphale. A sa partie postérieure le canal neural reste étroi pour donner naissance au *canal central* de la moelle. L'ensemble de ces cavités constitue la cavité de l'*épendyme*, ou *cavité épendymaire*.

Les *parties latérales* du canal médullaire, ou neural, deviennent plus épaisses que les *parois ventrale* et *dorsale*, par suite de la multiplication des cellules épithéliales, qui forment les parois de ce tube. Ces cellules épithéliales sont stratifiées sur les parois latérales, tandis qu'elles forment simplement, sur les parois dorsale et ventrale du tube, une ou deux couches que His désigne sous le nom de *toit* et de *plancher* du canal neural.

Les cellules les plus internes forment les *cellules épendymaires*.

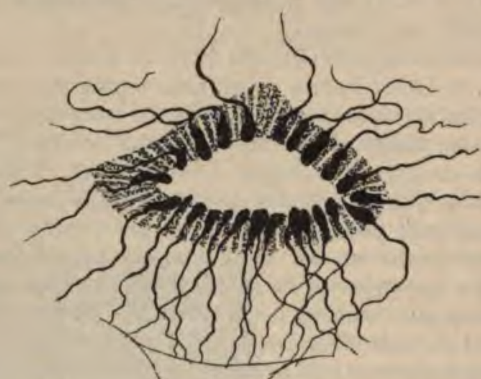


Fig. 369. — Coupe du canal de l'épendyme montrant les prolongements périphériques des cellules épendymaires donnant naissance aux fibres de névroglie. Moelle lombaire d'un enfant né à sept mois (d'après Van Gehuchten).

Entre ces cellules on en voit de plus petites, sphériques, issues également de l'ectoderme, comme tous les éléments du système nerveux, et auxquelles His a donné le nom de *cellules germinatives*. Ce sont les seuls éléments du système nerveux au début de la vie embryonnaire. Des cellules épendymaires naîtront les éléments névrogliques, des cellules germinatives procèderont les éléments nerveux.

Dès que les cellules germinatives cessent de se multiplier, elles présentent un petit prolongement et prennent le nom de *neuroblastes;* les cellules épithéliales primitives deviennent les *spongioblastes*. C'est des cellules germinatives, passant par l'état de neuroblastes, que naîtront les éléments nerveux; les cellules épendymaires, passant par l'état de spongioblastes, donneront naissance à la névroglie.

Cellules de l'épendyme. — L'*épithélium épendymaire* est un véritable *neuro-épithélium*. Il forme, au début, une couche d'épithélium simple à la face externe duquel se développe une couche amorphe, véritable lame vitrée, appelée membrane *limitante externe*, ou *membrana prima* de Hensen. A leur face interne, les cellules épendymaires sont recouvertes d'un *plateau* dont l'ensemble forme la membrane *limitante interne*.

Les cellules de l'épendyme, dès le moment de leur formation, sont coniques, à base regardant la cavité de l'épendyme. Ces cellules, à protoplasma granuleux, possèdent, près de leur base, un gros noyau, pourvu d'un ou de plusieurs nucléoles. Une sorte de bâtonnet, ressemblant à un cil vibratile existe à leur base et flotte dans la cavité du canal de l'épendyme.



Fig. 370. — Coupe de la paroi du canal neural d'un embryon de mouton d'un centimètre (d'après Prenant).

mi, membrane limitante interne, paroi de la cavité de l'épendyme. — *me*, membrane limitante externe, surface externe du canal neural. — *cg*, deux cellules germinatives, celle de droite étant en karyokinèse. — *sp*, neurosponge comprenant les prolongements des cellules et leurs anastomoses. — *n*, neuroblastes.

Fibres de la névroglie. — Le sommet des cellules épendymaires est périphérique. Il s'allonge en un long filament, que Golgi a signalé le premier, et qui va jusqu'à la surface du canal neural où il se termine par de petits cônes terminaux dont la base, confondue avec celle des cônes voisins, forme la *membrane limitante* à la surface du canal neural.

Ces longs filaments constituent les *fibres de la névroglie*.

Dès le quatrième jour de l'incubation, chez le poulet, on peut voir les cellules épendymaires et leur prolongement interne flottant dans la cavité du canal de l'épendyme; leur extrémité externe s'allonge indéfiniment pour former une longue *fibre de névroglie*, se divisant, vers la surface de la moelle, en deux ou trois branches.

Fulcrum radial. — Comme autant de fils qui rayonnent dans toute l'épaisseur des centres nerveux, les prolongements des cel-

lules constituent un mode de soutien rayonné qu'on désigne sous le nom de *fulcrum radial* (de fulcrum, soutien (fig. 371).

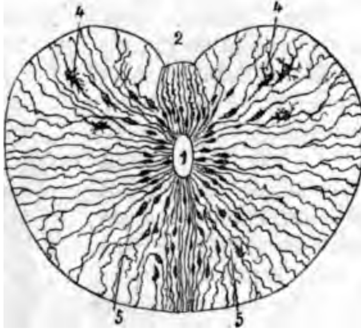


Fig. 371. — Coupe de la moelle d'un embryon de trois mois, dans la région cervicale, disposition de la névroglie. On distingue nettement les fibres de névroglie étendues du canal de l'épendyme à la surface de la moelle, et les cellules épendymaires d'où elles proviennent (d'après Lenhossek).

1, canal de l'épendyme. — 2, cône épendymaire antérieur. — 4, 4, astrocytes, cellules de névroglie. — 5, 5, fibres de névroglie dont l'ensemble forme le fulcrum radial.

Cellules de la névroglie. — Quelques-unes des cellules épendymaires évoluent d'une manière différente. Elles quittent la rangée

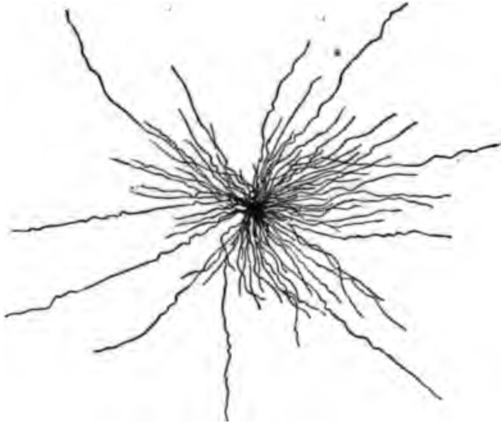


Fig. 372. — Une cellule araignée de la moelle épinière d'un enfant de neuf mois (d'après Lenhossek).

des cellules épithéliales, se portent en dehors, et on voit naître de leur surface des prolongements extrêmement longs, d'aspect carac-

téristique, qui leur ont fait donner par Deiters le nom de *cellules en araignée*, ou simplement *cellules de névroglie*. On les appelle encore *cellules de Deiters* ou *astrocytes* (fig. 372).

Cajal a constaté, par les nouvelles méthodes d'exploration, que la névroglie n'est pas la même chez tous les vertébrés. Les poissons, les reptiles et les batraciens n'ont d'autre névroglie que celle qui est constituée par les expansions périphériques des cellules de l'épendyme,



Fig. 373. — Schéma montrant comment primitivement, les prolongements des astrocytes atteignent la surface de la moelle et le canal de l'épendyme. Astrocyte de la névroglie et ses prolongements.

1, épendyme. — 2, surface de la moelle et terminaisons externe des ramifications de l'astrocyte, par de petits boutons. — 3, ramifications externes de l'astrocyte. — 4, ramifications internes allant jusqu'à l'épendyme.

formant le *fulcrum radial*. On ne trouve pas chez eux les *astrocytes*, qu'on rencontre plus spécialement chez les oiseaux et les mammifères. Dans ces deux espèces de vertébrés, il existe une particularité intéressante : à mesure que les astrocytes pren-



Fig. 374. — Rapports des astrocytes avec les vaisseaux capillaires de la moelle.

1, 1, astrocytes et leurs prolongements adhérant aux parois vasculaires. — 2, 2, capillaires avec leurs cellules endothéliales.

nent de l'importance, celle des fibres névrogliques radiales diminue. En effet, les expansions périphériques divergentes des cellules se terminent en pleine substance nerveuse et n'atteignent pas la surface des centres nerveux.

Les fibres, émanées des cellules en araignée, de même diamètre partout, et non anastomosées, s'entrecroisent dans tous les sens avec les filaments radiés des cellules épithéliales, de manière à former un réseau à mailles serrées, dans lesquelles sont contenues les fibres et les cellules nerveuses.

Leur rôle nutritif. — De plus, ces mêmes expansions affectent des rapports intimes avec les capillaires sanguins de la substance

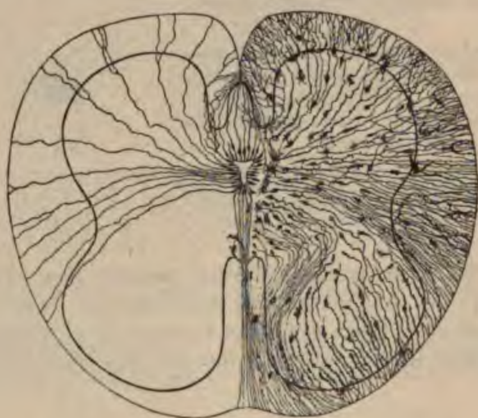


Fig. 375. — Névroglie. Coupe transversale de la moelle d'un embryon humain de 14 centimètres de long (d'après Lenhossek).

A gauche les cellules épendymaires; à droite les cellules de la névroglie; en avant et en arrière les deux cônes épendymaires, antérieur et postérieur, au niveau des sillons médians.

nerveuse, à la paroi desquels elles adhèrent. On peut donc raisonnablement supposer qu'elles reçoivent la partie liquide, nutritive, du sang pour la distribuer aux éléments nerveux qui les entourent.

Cônes épendymaires antérieur et postérieur. — Au niveau des sillons médians antérieur et postérieur, les fibres de névroglie affectent plus tard une disposition spéciale. Les cellules situées sur le *plancher* du canal de l'épendyme, entre ce canal et le sillon médian antérieur, examinées sur une coupe, forment un faisceau en forme de *fuseau*, résultant de la disposition arquée des fibres radiaires de névroglie, antérieures et postérieures. Ces dernières décrivent des courbes à concavité interne (fig. 375). On nomme ces faisceaux *cônes épendymaires*, antérieur et postérieur.

Transformation des cellules. — La disposition primitive des cellules de l'épendyme, formant une assise épithéliale avec prolon-

gements périphériques, se conserve dans la moelle des vertébrés inférieurs, mais elle disparaît chez les mammifères et en particulier chez l'homme, par suite du déplacement des cellules qui s'enfoncent dans l'épaisseur du névraxe pour donner naissance à des



Fig. 376. — Névroglie. Coupe de la moelle d'un enfant né à sept mois (d'après van Gehuchten).

On y voit les astrocytes et tous leurs prolongements.

cellules de névroglie et aussi par atrophie du prolongement périphérique des cellules de l'épendyme. On constate déjà ce changement chez le nouveau-né.

Diverses espèces d'astrocytes. — Cajal distingue trois espèces de cellules de névroglie : celles de la substance blanche, celles de la substance grise et celle qui entoure spécialement les vaisseaux. Les *premières*, volumineuses, s'interposent entre les fibres ner-

veuses, comme éléments mauvais conducteurs du courant nerveux et serviraient à faciliter la circulation de la lymphe. Celles de la *substance grise*, nombreuses dans la couche moléculaire de l'écorce du cerveau, écartent les ramifications des cellules et interrompent leur contact. Quand aux *cellules périvasculaires*, elles envoient sur la paroi des vaisseaux des prolongements s'insérant sur la



Fig. 377. — Coupe d'un faisceau de la moelle montrant la disposition de la névroglie.

1, vaisseau sanguin entouré d'une gaine de névroglie qui envoie des prolongements entre les groupes de fibres.

paroi même des capillaires. Cajal leur fait jouer un certain rôle actif; il leur attribue la propriété de produire des dilatations locales vasculaires et des congestions liées à la plus ou moins grande intensité des processus psychiques.

Résumé. — En résumé, la charpente névroglique de la moelle est formée par les *fibres de névroglie* radiées, reliant l'épendyme à la surface de la moelle, et par les *astrocytes*. Chacun de ces éléments possède des ramifications, surtout les astrocytes. Ces éléments ont de particulier qu'ils sont absolument indépendants les uns des autres; de plus, ils n'ont de commun que leur enchevêtrement, entre les fibres duquel sont situés les éléments nerveux.

5° *Ciment interstitiel.*

Cette substance est une matière amorphe, très cohérente, qui unit les éléments névrogliques et les cellules nerveuses, et qui apporte un certain obstacle à la pénétration des injections interstitielles (A. Charpy, *Loc. cit.*, p. 197).

§ 2. — MOELLE ÉPINIÈRE

Depuis plus d'un siècle, depuis Prochaska, on sait que la moelle n'est pas seulement un organe formé de *fibres conductrices* de la sensibilité et du mouvement, mais qu'elle joue aussi le rôle de *centre nerveux* sans le secours du cerveau.

A mesure qu'on descend l'échelle des êtres organisés, à partir de l'homme et des *vertébrés supérieurs*, on voit que le rôle du cerveau diminue, tandis que celui de la moelle augmente.

Elle est le véritable centre nerveux des *vertébrés inférieurs*, dont l'intelligence est à peu près nulle, et dont les mouvements sont presque tous réflexes, c'est-à-dire inconscients.

Chez les *invertébrés*, le cerveau n'est pas plus important qu'un ganglion.

Après quelques considérations générales, j'étudierai sa conformation extérieure, sa conformation intérieure et sa structure.



Fig. 378. — Moelle d'un embryon de trois mois occupant tout le canal sacré (grandeur naturelle, d'après Kölliker).

1, cerveau moyen. — 2, cervelet. — 3. myélencéphale. — 4, renflement cervical de la moelle. — 5, renflement lombaire.

Considérations générales.

La moelle, comme l'encéphale, est impaire, médiane et symétrique jusque dans ses moindres détails, de sorte que les deux moitiés d'une coupe peuvent être superposées exactement.

Limites. — Son *extrémité supérieure* correspond à un plan qui passerait par le bord supérieur de l'atlas ; son *extrémité inférieure*, variable selon les sujets, se termine entre le milieu du corps de la première vertèbre lombaire et le bord inférieur de la deuxième. Sur 17 sujets examinés par Pfitzner, treize fois le sommet du cône terminal correspondait au premier trou de conjugaison lombaire et quatre fois au second.

Chez l'embryon, la moelle arrive à la dernière vertèbre sacrée ; à six mois, elle correspond à la base du sacrum ; à la naissance, elle répond à la troisième vertèbre lombaire. Cette sorte d'ascension de la moelle est due à l'allongement relativement beaucoup

plus considérable de la colonne vertébrale. Il résulte de cet allongement que la moelle, ainsi que les racines des derniers nerfs rachidiens semblent remonter dans le canal rachidien. L'ensemble de ces racines nerveuses, contenues dans la partie inférieure du

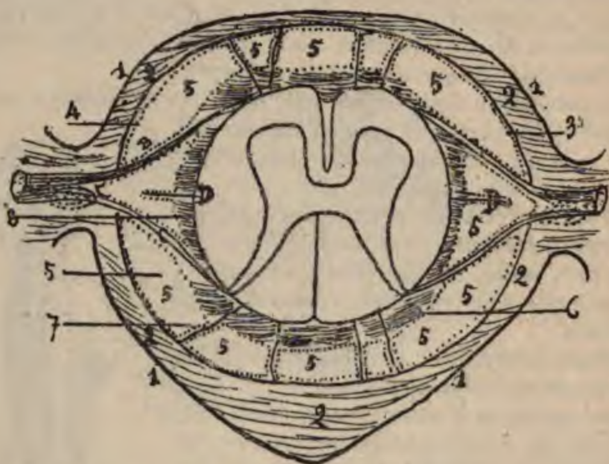


Fig. 379. — Coupe de la moelle et du canal rachidien (schéma).

1, paroi osseuse. — 2, graisse entre les parois du canal et la dure-mère. — 3, dure-mère. 4, feuillet pariétal de l'arachnoïde. — 5, cavité arachnoïdienne. — 6, feuillet viscéral de l'arachnoïde. — 7, ligaments antérieurs et postérieurs entourés d'une gaine arachnoïdienne. — 8, liquide céphalo-rachidien. — A, nerf rachidien. — B, racines antérieures. — C, racines postérieures. — D, coupe du ligament dentelé au niveau des trous de conjugaison.

canal rachidien, au-dessous de la moelle, constitue la *queue de cheval* (fig. 384).

La direction du premier et du deuxième nerfs cervicaux est transversale, puis les nerfs deviennent de plus en plus obliques, à tel point que les racines des nerfs sacrés sont verticales.

Volume. — Le *volume* de la moelle, rapporté à celui de l'encéphale, diminue à mesure qu'on suit la série des vertébrés ; elle atteint son minimum chez l'homme, où le poids de la moelle représente la cinquantième partie de celui de l'encéphale.

Poids. — La moelle épinière pèse, chez l'homme, 28 grammes en moyenne. Son poids spécifique est en moyenne de 1038 chez l'homme, et 1034 chez la femme.

Rapports. — La moelle, située au centre du canal rachidien, en occupe la moitié environ ; le reste de la cavité est rempli par les

méninges, le liquide céphalo-rachidien et les veines intra-rachidiennes. Il faut cependant remarquer qu'il n'y a pas de moelle à partir de la deuxième vertèbre lombaire et que les racines nerveuses qui forment la queue de cheval flottent dans le liquide céphalo-rachidien, qui descend jusqu'à la deuxième vertèbre sacrée.



Fig. 380. — Face latérale de la moelle. Ligament dentelé entre les racines antérieures et postérieures des nerfs rachidiens. Dure-mère ouverte sur les côtés et reclinées en avant et en arrière.

1, nerf mixte sortant du trou de la dure-mère. — 2, 2, 2, pointes des dentelures du ligament dentelé. — 3, 3, nerfs rachidiens. Les racines antérieures et postérieures sont coupées, en 2, pour montrer le ligament dentelé.



Fig. 381. — Face postérieure du ligament dentelé.

1, cordon postérieur. — 2, pédicules des vertèbres. — 3, nerfs rachidiens. — 4, racines postérieures, divisées. — 5, ligament dentelé.

Moyens de fixité. — La moelle épinière se trouve solidement fixée dans la cavité du canal rachidien au moyen des prolongements fibreux qui se portent de la moelle aux divers points des parois du canal : ligament coccygien, ligaments dentelés, gaines névrilématiques des nerfs, ligaments antérieurs et postérieurs.

Ces prolongements viennent de la pie-mère, membrane fibreuse qui fait corps avec la moelle. La pie-mère représente, pour ainsi dire, la peau de la moelle ; elle en est partie intégrante.



Les *ligaments dentelés* sont deux bandelettes latérales situées entre les racines antérieures et postérieures des nerfs rachidiens, et occupant toute la longueur de la moelle. Ils ont une *face antérieure* et une *postérieure*. Leur *bord interne* se confond avec les côtés de la moelle, et leur *bord externe*, dentelé, correspond aux trous de la dure-mère qui laissent passer les nerfs rachidiens. Chacune des dentelures s'attache par sa pointe sur la dure-mère, entre deux nerfs rachidiens; la concavité, le feston qui sépare les points, correspond aux points de réunion des racines antérieures et postérieures des nerfs rachidiens, autrement dit aux trous de conjugaison. Les *pointes* des ligaments dentelés soulèvent nécessairement le feuillet viscéral de l'arachnoïde pour s'attacher à la dure-mère (fig. 381).

Les *prolongements névrilématiques* des nerfs se portent de la pie-mère à la surface des racines des nerfs. Ils se confondent avec la dure-mère, au niveau des points où cette membrane se laisse traverser par les nerfs, et les deux membranes réunies se prolongent sur eux pour former leur *névrilème*.

Les *ligaments antérieurs et postérieurs* sont de nombreux faisceaux de tissu fibreux, irréguliers, variables comme nombre et comme volume, et s'étendant des faces antérieure et postérieure de la moelle aux parties correspondantes de la dure-mère. Ces ligaments soulèvent le feuillet viscéral de l'arachnoïde, qui leur forme autant de gaines séreuses au moyen desquelles le feuillet viscéral arachnoïdien se continue avec le feuillet pariétal.

Conformation extérieure de la moelle.

Ce qui frappe les regards, au premier abord, c'est que toutes les innombrables racines des nerfs rachidiens sont rattachées à la moelle.

Fig. 382. — Face antérieure de la moelle épinière, racines antérieures des nerfs rachidiens et queue de cheval.

1, pédoncule cérébelleux moyen. — 2, trijumeau. — 3, facial. — 4, auditif. — 5, glosso-pharyngien. — 6, pneumogastrique. — 7, spinal. — 8, grand hypoglosse. — 9, premier nerf cervical.

Cylindrique à sa partie supérieure et à sa partie moyenne, la moelle présente deux renflements à la partie inférieure de la région cervicale, et de la région dorsale. Le *renflement cervico-brachial* correspond à l'origine des nerfs des membres supérieurs, de la 3[e] cervicale à la 3[e] dorsale ; le *renflement dorso-lombaire* à l'origine des nerfs des membres inférieurs, de la 10[e] dorsale à la 2[e] lombaire.

Dimensions. — D'une longueur moyenne de 42 centimètres (1), la moelle présente les diamètres suivants : *région dorsale*,

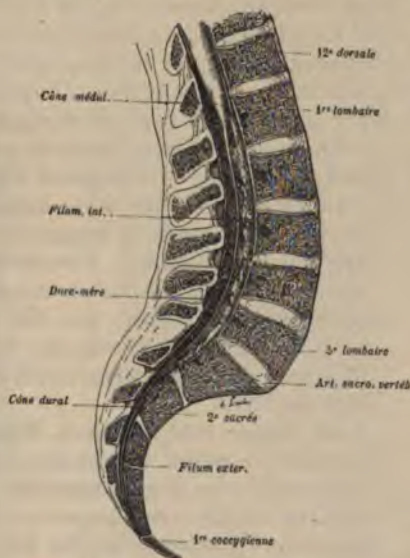


Fig. 383. — Cône terminal de la moelle et filum terminale (d'après Poirier). Coupe antéro-postérieure du canal rachidien et du canal sacré.

diam. antéro-postérieur, 9 mill. ; diam. transversal, 10 mill. ; *renflement cervico-brachial*, diam. antéro-postérieur, 10 mill. ; diam. transversal 14 mill. ; *renflement dorso-lombaire*, diam. antéro-postérieur, 10 mill. ; diam. transversal, 13 mill. (2).

Courbures. — La moelle, extraite du canal rachidien, présente

(1) Cette longueur varie selon la taille. Il y a, en outre, des variations individuelles, de sorte que la moelle peut s'arrêter, chez quelques-uns, à la onzième dorsale et descendre, chez d'autres, jusqu'à la troisième lombaire.

(2) Longueur sur le nouveau-né, quinze cent. ; à deux ans, vingt-quatre ; à cinq ans, trente.

les mêmes courbures que sur le vivant. Elles suivent celles de la colonne vertébrale.

Sillons de la moelle. — La moelle présente, en avant et en arrière, sur la ligne médiane, deux sillons longitudinaux qui la séparent en deux parties égales. Ce sont les sillons médians.

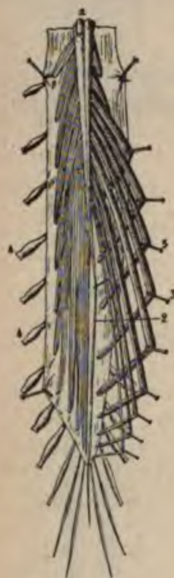


Fig. 384. — Queue de cheval (d'après Van Gehuchten).

1, cône terminal de la moelle. — 2, filum terminale. — 3, 3, 3, racines des nerfs sacrés. — 4, 4, ganglions des nerfs sacrés en dehors de la dure-mère.

Le *sillon médian antérieur* occupe en profondeur le tiers de l'épaisseur de la moelle. Au fond se trouve la commissure blanche. La pie-mère envoie dans ce sillon un double feuillet.

Le *sillon médian postérieur* est plus profond et plus mince ; on ne peut pas en séparer les lèvres. Il renferme une mince cloison formée par la névroglie, *septum médian postérieur*. Ce sillon résulte de l'occlusion de la gouttière neurale lorsqu'elle devient canal neural.

De chaque côté du sillon médian postérieur, on voit, sur toute la longueur de la moelle, une surface allongée, d'environ 3 à 4 millimètres de large, limitée en dehors par le *sillon collatéral postérieur*. On voit pénétrer dans ce sillon, très régulièrement, les racines postérieures des nerfs rachidiens, échelonnées de haut en bas.

De chaque côté du sillon médian antérieur, on voit le point d'implantation des racines antérieures des nerfs rachidiens, qui pénètrent dans la moelle avec moins de régularité que les racines postérieures. On est convenu d'appeler *sillon collatéral antérieur* la ligne verticale suivant laquelle ces racines s'insèrent, quoiqu'il n'existe pas à ce niveau la moindre trace de sillon.

Entre le sillon médian postérieur et le sillon collatéral postérieur, point d'implantation des racines nerveuses, on observe un sillon qui commence vers le milieu de la région dorsale et qui se continue jusqu'au bulbe ; c'est le *sillon intermédiaire postérieur* ou *paramédian postérieur*.

Cordons de la moelle. — L'insertion des racines des nerfs rachidiens sur la moelle a permis de diviser chacune de ses moitiés en trois gros faisceaux, ou cordons.

Le *cordon postérieur* est situé entre le sillon médian postérieur



Fig. 385. — Face postérieure de la moelle, plancher du quatrième ventricule, queue de cheval.

(On voit à gauche le sillon collatéral postérieur dont les racines postérieures ont été arrachées; à droite, on voit l'insertion régulière des racines postérieures.)
1, pédoncule cérébelleux moyen. — 2, pédoncule inférieur — 3, faisceau latéral oblique. — 4, pneumogastrique. — 5, spinal. — 6, pyramide postérieure. 7, tubercules quadrijumeaux postérieurs.



Fig. 386. — Face postérieure de la moelle épinière et du bulbe, dépouillés de la pie-mère et des racines des nerfs rachidiens.

1, pédoncules cérébelleux inférieurs. — 2, clava ou massue des pyramides postérieures. — 3, cordon latéral. — 4, faisceau de Burdach. — 5, sillon médian postérieur. — 6, faisceau de Goll. — 7, sillon intermédiaire postérieur. — 8, sillon collatéral postérieur. — 9, cône terminal. On voit nettement dans cette figure les renflements cervico-brachial et dorso-lombaire.

et le sillon collatéral postérieur; il offre une largeur de 3 à 4 millimètres, mais il est un peu plus large au niveau des deux renflements de la moelle.

Le *cordon antérieur* sépare le sillon médian antérieur du sillon collatéral antérieur.

De chaque côté de la moelle, entre les racines antérieures et les racines postérieures, se trouve le *cordon latéral*. On voit à sa partie supérieure, entre les racines antérieures et les racines postérieures, les racines médullaires du nerf spinal.

Terminaison. — A leur *partie inférieure* les cordons s'effilent de plus en plus et la moelle se termine par un cône appelé *cône terminal*. Du sommet de ce cône part le *filum terminale*, ou *filet terminal*, qui s'insinue dans le ligament coccygien.

Ligament coccygien. — C'est un mince filament fibreux étendu du sommet du *cône terminal* de la moelle à la face postérieure du coccyx, situé au milieu de la queue de cheval et formé par la pie-mère. Sa longueur est de 25 centimètres environ. On le divise en deux portions, l'une contenue dans le sac de la dure-mère, portion intra-durale, l'autre hors de la dure-mère, portion extra-durale.

La *portion intra-durale*, *interne*, a une longueur de 15 centimètres. C'est un prolongement de la pie-mère dans lequel la substance nerveuse de la moelle se continue exactement dans sa première moitié. Dans cette moitié, on trouve une artère, une veine et des filets nerveux profonds, pouvant être des paires nerveuses coccygiennes méconnaissables.

La *portion extra-durale*, *externe*, a 10 centimètres. Elle perfore la dure-mère et se prolonge jusqu'à la face postérieure du coccyx où elle s'insère.

La portion extra-durale est formée par la pie-mère selon les uns, par la dure-mère selon les autres.

Conformation intérieure de la moelle étudiée au moyen de coupes.

Lorsqu'on étudie une coupe de la moelle, on remarque que les sillons médians, antérieur et postérieur, divisent cet organe en deux parties exactement symétriques. La substance grise est située au centre et la substance blanche à la périphérie (fig. 387).

Substance grise. — On voit deux croissants de substance grise, concaves en dehors, reliés par un trait transversal. Le

croissant représente une sorte de gouttière longitudinale occupant toute la longueur de la moelle. Le trait transversal, qui unit



Fig. 387. — Coupe horizontale schématique de la moelle épinière au niveau de la région lombaire (d'après Luys).

1, sillon médian postérieur. — 2, sillon médion antérieur. — 3, canal de l'épendyme. — 4, commissure postérieure. — 5, faisceau de fibres nerveuses concourant à former la commissure antérieure ; ces fibres venues du côté gauche, se rendent aux cellules 9 de la corne antérieure du côté droit. — 6, un gros vaisseau divisé. — 7, tous les petits points noirs entourés d'un cercle indiquent les fibres nerveuses coupées. — 8, fibres nerveuses des racines postérieures. — 9, grandes cellules motrices de la corne antérieure. — 10, colonne de Clarke. — 11, faisceau de fibres nerveuses entouré par la substance grise, formation réticulaire.

la convexité des deux croissants est la coupe d'une cloison verticale et transversale (fig. 387).

L'extrémité antérieure du croissant est la *corne antérieure* de la substance grise; l'extrémité postérieure, la *corne postérieure*. La cloison grise intermédiaire est la *commissure grise*, ou *postérieure*, au centre de laquelle se trouve une ouverture, coupe du *canal de l'épendyme* (fig. 387).

Corne antérieure. — Généralement plus volumineuse que la postérieure, elle est entièrement recouverte par la substance blanche. On lui considère une *tête* en avant et une *base* en arrière. Elle forme une longue *colonne grise*. Sa surface est irrégulière et couverte d'aspérités.

Corne postérieure. — Plus mince que la corne antérieure, à surface unie et régulière, elle se termine dans le sillon collatéral postérieur, où son sommet est recouvert par une substance grise un peu transparente, appelée *substance gélatineuse de Rolando*.



Fig. 388. — Coupe de la moelle à la partie supérieure de la région dorsale. On voit la formation réticulaire en dehors, entre les deux cornes.

a, corne antérieure. — *b*, corne postérieure. — *c*, commissure blanche. — 1, cordon antérieur. — 2, cordon latéral. — 3, cordon postérieur. — 4, faisceau de Goll.



Fig. 389. — Coupe de la moelle de l'homme à la région lombaire.

a, corne antérieure volumineuse. — *b*, corne postérieure. — *c*, commissure blanche. — 1, cordon antérieur. — 2, cordon latéral. — 3, cordon postérieur. On voit la formation réticulaire en dehors des cornes.

Corne latérale. — On donne ce nom à une petite saillie triangulaire située en dehors de la substance grise à la base de la corne antérieure. Elle n'existe qu'à la région dorsale, plus marquée à la partie supérieure de cette région.

Colonne de Clarke. — Dans toute l'étendue de la région dorsale, depuis le 7[e] nerf cervical jusqu'au 2[e] nerf lombaire, on remarque, dans l'angle formé par la corne postérieure et la commissure grise, une saillie de la substance grise qui a reçu le nom de *colonne vésiculaire de Clarke* ou *noyau dorsal de Stilling.*

Formation réticulaire. — Au niveau de la corne latérale, entre les cornes antérieure et postérieure, on voit quelquefois la substance grise s'insinuer entre les tubes nerveux des cordons. On donne à cette disposition de la substance grise le nom de *formation réticulaire* (fig. 388).

— La substance grise n'est pas disposée exactement de la même façon dans toute l'étendue de la moelle. Elle a généralement, surtout à la région dorsale, la forme de la lettre majuscule **H** ou de deux **C** se regardant par leurs convexités (fig. 388). Dans la région cervicale, la corne antérieure est très développée, surtout au niveau du renflement cervical ; il existe aussi, au même niveau, une certaine étendue de formation réticulaire. A la région dorsale, les deux cornes sont sensiblement égales. A la partie inférieure du renflement dorso-lombaire, les deux cornes sont larges, et la commissure grise très étroite, ce qui donne à la coupe la forme d'un **X**. On conçoit que la substance grise soit plus abondante dans les points où naissent des nerfs à long trajet (plexus brachial, lombaire, et sacré).



Fig. 390. — Coupe de la moelle dans la région cervicale.

a, corne antérieure. — *b*, corne postérieure. — *c*, commissure blanche. — 1, 2, 3, les trois cordons de la moelle. Entre les cornes antérieure et postérieure, on voit, en dehors, la formation réticulaire.

Substance blanche. — Elle entoure complètement la grise, excepté au niveau de la substance gélatineuse de Rolando, qui recouvre l'extrémité de la corne postérieure.

Nous allons retrouver sur la coupe de la moelle, les cordons de la moelle déjà signalés.

On voit, entre le sillon médian postérieur et la corne postérieure, une surface triangulaire blanche dont l'un des angles, émoussé, touche la commissure grise, c'est le *cordon postérieur*.

Sur la partie externe de la substance grise, depuis le sommet de la corne antérieure jusqu'au sommet de la corne postérieure, on voit le *cordon latéral*.

Enfin, on observe le *cordon antérieur*, en avant et à la partie interne de la corne antérieure. Une ligne de démarcation tranchée entre le cordon antérieur et le cordon latéral n'existant pas, on a l'habitude de réunir ces deux cordons sous le nom de *cordon antéro-latéral*.

La *commissure blanche* est la ligne blanche située en avant de la commissure grise, au fond du sillon médian antérieur, et unissant les deux cordons antérieurs.

Structure de la moelle épinière.

La moelle renferme : *a*. la névroglie servant de soutien aux élé-

ments nerveux ; *b*. la substance grise et la substance blanche ; *c*. les commissures ; *d*. le canal de l'épendyme ; *e*. les vaisseaux.

La névroglie a déjà été décrite, je n'ai rien à y ajouter.

a. *Substance grise et cornes de la moelle.*

Entre les éléments de soutien sont disposées les fibres de la *substance blanche* et les cellules de la *substance grise*, formant une masse de consistance un peu ferme, entre la pie-mère qui la recouvre au dehors et la paroi de l'épendyme située en dedans.

La substance grise de la moelle renferme un nombre considérable de cellules nerveuses, des fibres nerveuses amyéliniques, des fibres nerveuses myéliniques fines, le ciment interstitiel décrit avec la substance grise des centres nerveux, et un lacis inextricable de fibrilles.

La substance grise se présente sous deux aspects différents selon qu'elle est centrale, *gélatineuse*, ou superficielle, *spongieuse*.

Substance gélatineuse. — On donne le nom de substance gélatineuse à la portion de substance grise centrale qui entoure le canal de l'épendyme. Elle est transparente et granuleuse ; elle contient peu de cellules nerveuses, mais une grande quantité de cellules de névroglie. On y voit les prolongements radiaires des cellules épendymaires. On trouve encore cette substance à l'extrémité des cornes postérieures, qu'elle coiffe, sous le nom de *substance gélatineuse de Rolando*, du nom de l'anatomiste qui l'a décrite (1828) (1).

La substance gélatineuse de Rolando remplit le sillon collatéral postérieur. Contrairement à ce qui existe pour la substance gélatineuse centrale, celle de Rolando renferme une grande quantité de cellules nerveuses, les unes à cylindraxe court, *cellules de Golgi*, les autres à cylindraxe long.

Substance spongieuse. — La substance grise qui forme les cornes et une partie de la commissure, autour de la substance gélatineuse centrale, porte le nom de *substance spongieuse*.

Eléments de la substance grise. — Dans les mailles de la charpente de névroglie signalée plus haut sont disséminées de nombreuses cellules nerveuses et un lacis inextricable de fibrilles.

Cellules nerveuses. — Toutes les cellules de la moelle sont *multipolaires*, de volume très variable. On y trouve les deux types de

(1) Rolando (Louis) professeur d'anatomie à Sassari, puis à Turin. Né en 1771, mort en 1831.

cellules, cellules de Golgi à cylindraxe court, et cellules à cylindraxe long, type Deiters.

Les unes envoient leur cylindraxe vers les racines des nerfs, *cellules radiculaires*, les autres vers les fibres des cordons de la moelle, *cellules des cordons*.

Avant d'étudier les cellules radiculaires et les cellules des cordons, je dirai que les cellules nerveuses de la moelle forment certains groupes qui ne manquent pas d'importance.



Fig. 391. — Cellule nerveuse de la corne antérieure de la moelle de l'homme (d'après Ranvier).

1, cylindraxe brisé. — 2, 2, 2, prolongements protoplasmiques.

Groupe de cellules. — Dans la corne antérieure, on trouve un *groupe antéro-interne*, un *groupe antéro-externe*, et, de plus, quelques cellules solitaires.

Le groupe antéro-interne renferme particulièrement des cellules *commissurales*, et quelques cellules *radiculaires*, dont quelques-unes envoient des fibres fines, fort probablement, aux ganglions sympathiques.

Le groupe antéro-externe contient quelques cellules des cordons et surtout de grandes cellules radiculaires qui donnent naissance aux racines antérieures des nerfs rachidiens.

Dans les régions où la corne antérieure est étroite, au-dessus et au-dessous des renflements, ces deux groupes ne sont pas séparés. Au contraire, dans les renflements, où elle est plus large, les deux groupes sont divisés de manière à former quatre groupes secondaires : *antéro-interne*, *antéro-externe*, *postéro-interne*, *postéro-externe*.

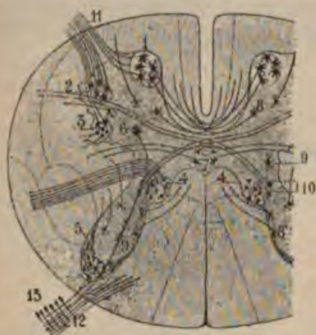


Fig. 392. — Mode de répartition des cellules nerveuses dans la substance grise (d'après Testut).

1. groupe antéro-interne. — 2, groupe antéro-externe et cellules radiculaires antérieures. — 3, groupe latéral de la corne antérieure. — 4, 4, colonne de Clarke. — 5, groupe de la substance gélatineuse de Rolando. — 6, cellules radiculaires postérieures. — 7, groupe péri-épendymaire. — 8, cellule solitaire. — 8', cellule de la corne postérieure recevant une collatérale du cordon postérieur. — 9, cellule de Golgi. — 10, cellule d'origine du faisceau de Gowers. — 11, racines antérieures motrices. — 12, racines postérieures sensitives. — 13, cellules du ganglion rachidien.

Les cellules de la corne antérieure, *motrices*, sont très volumineuses ; celles de la région lombaire peuvent être, quelquefois, vues à l'œil nu ; elles appartiennent au type *somatochrome* de Nissl, c'est-à-dire qu'elles possèdent des blocs de substance chromatique, colorables par le bleu de méthylène et situés dans les mailles du réseau achromatique du protoplasma.

Les cellules à cylindraxe long sont abondantes dans la corne antérieure, mais on les trouve dans toutes les régions de la substance grise.

Les cellules nerveuses à cylindraxe long, les plus nombreuses et les plus importantes, puisqu'on ne connaît pas exactement la signification physiologique des cellules de Golgi, sont divisées en deux espèces, selon qu'elles envoient leur prolongement cylindraxile dans les racines des nerfs ou dans les fibres des cordons de la moelle.

Les cellules de la corne postérieure contiennent beaucoup de cellules de Golgi à cylindraxe court. Golgi a pensé que ces cellules sont sensitives à cause de la région où elles se trouvent, mais Cajal a prouvé qu'elles existent également dans la corne antérieure. Nous ne possédons aucun moyen pour distinguer une cellule sensitive d'une cellule motrice.

Les cellules, parties centrales des neurones, sont disposées d'une manière assez régulière. Celles de la *corne antérieure* émettent leur cylindraxe en avant, de sorte que les prolongements protoplasmiques naissent en arrière des cellules et sur les côtés. Ces prolongements sont très nombreux et très développés.

Les cellules de la corne postérieure s'articulent en avant, par un cylindraxe ramifié, avec les prolongements protoplasmiques des cellules de la corne antérieure et elles envoient des prolongements protoplasmiques en arrière, s'articulant avec le cylindraxe des racines postérieures des nerfs rachidiens, ou avec celui des collatérales.

Cellules radiculaires. — On les divise en *antérieures* et *postérieures* selon qu'elles envoient leur cylindraxe dans une racine antérieure ou dans une racine postérieure.

Les *cellules radiculaires antérieures*, motrices, volumineuses, envoient leur cylindraxe dans les fibres des racines antérieures des nerfs rachidiens. Leurs prolongements protoplasmiques, nés en arrière et sur les côtés des cellules, sont extrêmement nombreux, et si développés qu'une partie des prolongements latéraux pénètre entre les fibres des cordons jusqu'à la pie-mère.



Fig. 393. — Coupe schématique de la substance grise (côté gauche).

1, 2, cellules radiculaires antérieures, cellules motrices. — 3, cellules radiculaires postérieures. — 4, racines postérieures des nerfs rachidiens. — 5, corne latérale. — 6, colonne de Clarke. — 7, commissure grise.

Les *cellules radiculaires postérieures* ont des cylindraxes également moteurs. Partis de la corne antérieure, ils se portent en arrière, en traversant la corne postérieure et se mêlent, en suivant un trajet descendant, aux fibres des racines postérieures sensitives des nerfs rachidiens. Ces fibres traversent le ganglion rachidien sans entrer en communication avec ses cellules. Les cellules radiculaires postérieures fournissent des prolongements protoplasmiques qui s'articulent avec le cylindraxe d'autres cellules.

Ces cellules n'ont été vues que sur des embryons de poulet le quatrième jour de l'incubation (Lenhossek et Cajal) et le onzième jour (Van Gehuchten), de sorte qu'on ne sait pas si elles existent chez l'homme.

Cellules des cordons (1). — Ces cellules, très nombreuses, existent dans toute la hauteur de la substance grise, aussi bien dans la corne antérieure que dans la corne postérieure.

Elles donnent des filaments cylindraxiles aux cordons qui se trouvent dans leur voisinage ; on les constate pour les cordons antérieur, latéral et postérieur.

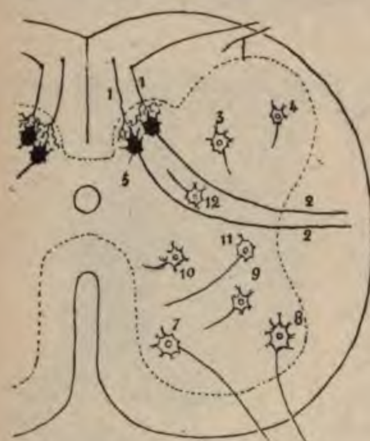


Fig. 394. — Schéma des cellules nerveuses des cordons.

1, 1, fibres des cordons postérieurs se jetant dans la colonne de Clark et s'articulant avec les prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses 5, dont le cylindraxe 2 va former les fibres du cordon latéral. — 3, 4, cellules de la corne postérieure. — 7, 8, cellules des cordons antérieurs. — 9, 10, 11, 12, cellules dont le cylindraxe a été divisé.

Quelques-uns de ces prolongements envoient des collatérales dans la substance grise du côté opposé en traversant les commissures. Ceux du cordon antérieur vont dans la corne antérieure du côté opposé, ceux du cordon latéral se répandent dans toute l'étendue de la substance grise des deux côtés. Les cellules de la colonne de Clarke donnent des prolongements qui forment les cylindraxes du cordon postérieur et qui fournissent des collatérales qui traversent la substance grise pour se terminer dans la corne antérieure.

Toutes ces cellules, celles des cordons postérieurs principalement, envoient des collatérales au côté opposé en passant par la commissure grise. Les cellules nerveuses des diverses régions n'ont pas de caractères assez tranchés pour mériter les descriptions séparées qu'en donnent certains auteurs : *cellules nerveuses épendymaires*, *cellules des cornes latérales*, *de la substance de Rolando*, *de la colonne de Clarke*, *cellules solitaires*, *cellules basales postérieures*.

Les cellules des cordons se divisent en trois groupes : les unes envoient leur prolongement cylindraxile dans les cordons situés du même côté. Van Gehuchten leur donne le nom barbare de *cellules des cordons tautomères* (de ταυτος, même et μερος, côté) ; d'autres cellules envoient leur prolongement cylindraxile dans les

(1) Cajal les appelle *cordonales*, mais pourquoi employer un mot qui n'est pas français ?

cordons du côté opposé à travers la commissure grise. Ce sont les *fibres commissurales* de Ramon y Cajal. Van Gehuchten leur donne le nom encore plus barbare que le premier, de *cellules des cordons hétéromères* (de ετερος, autre, différent, et μερος, côté); d'autres enfin ont un cylindraxe bifurqué. L'une des branches reste du côté où se trouve la cellule, tandis que l'autre se porte du côté opposé. Elles ont été nommées par le même auteur *cellules des cordons hécatéromères* (de εκατερον l'un et l'autre, et μερος, côté), dénominations vraiment peu harmonieuses et parfaitement inutiles.

En somme, pour nous exprimer dans un langage plus clair : il y a trois espèces de cellules de cordons dans la substance grise ; celles qui envoient le prolongement cylindraxile dans les cordons du même côté, celles qui l'envoient dans les cordons du côté opposé et celles qui l'envoient dans les deux côtés à la fois.

Lacis inextricable des filaments de la substance grise. — J'ai souvent parlé d'un lacis inextricable de fibrilles. Autour des cellules de la substance grise, et mélangés aux prolongements des

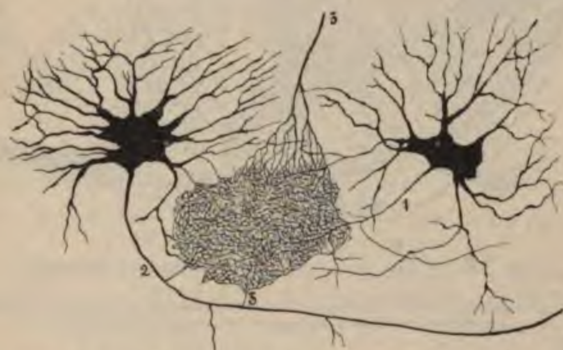


Fig. 395. — Réseau nerveux de la substance grise, selon Golgi.

1, cellule de Golgi, à cylindraxe court, concourant à la formation du réseau nerveux diffus, par son cylindraxe. — 2, cellule de Deiters et son cylindraxe long. — 3, en bas, collatérale d'un cylindraxe. — 3, en haut, ramification terminale d'une fibre nerveuse. On voit qu'il existe pour Golgi un réseau diffus de nature nerveuse, auquel ne participent pas les dendrites, ce qui est le contraire pour le réseau de Gerlach.

astrocytes et des fibres radiales de la névroglie, on constate la présence d'une quantité innombrable de filaments microscopiques qu'il est absolument impossible de démêler.

Ce *lacis*, véritable fouillis, résulte de l'intrication : 1° des *prolongements protoplasmiques* des cellules nerveuses ; 2° des *ramifications des rares collatérales* des prolongements cylindraxiles

des racines antérieures des nerfs rachidiens ; 3° des *ramifications des collatérales* des prolongements des cellules des cordons, collatérales découvertes par Golgi, et très nombreuses dans la corne postérieure ; 4° des *ramifications des collatérales* des prolongements cylindraxiles des cellules à cylindraxe court de Golgi ;

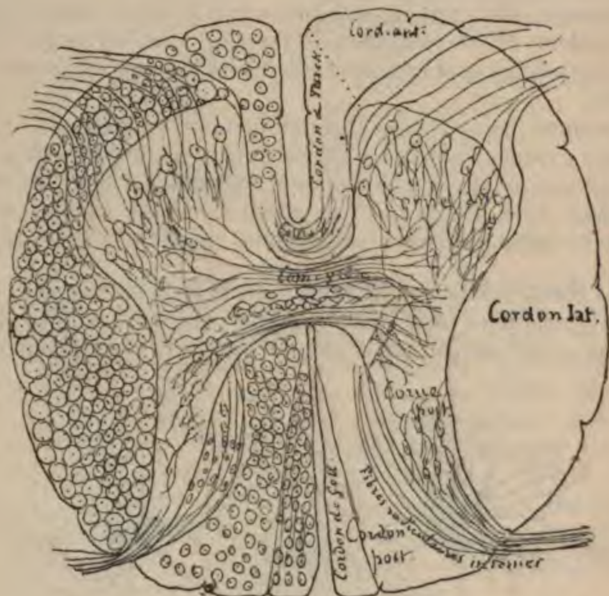


Fig. 396. — Les trois cordons de la moelle épinière.

On y distingue la coupe des fibres nerveuses à gauche, les cordons à droite. Les racines nerveuses atteignent les cornes de la moelle.

5° enfin, des *prolongements des astrocytes*, ou cellules de névroglie.

On admet aujourd'hui que, dans ce lacis, tous les prolongements protoplasmiques se terminent par des *extrémités libres*.

Les neurones s'articulent *par contiguïté* et non par continuité. Telle est la théorie adoptée aujourd'hui. On rejette le *réseau nerveux de Gerlach*, réseau universel dans la substance grise, formé par la continuité des prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses. On n'admet pas davantage le *réseau nerveux de Golgi* formé par les anastomoses des prolongements cylindraxiles et de leurs collatérales.

b. *Substance blanche et cordons de la moelle épinière.*

Un mot d'historique. — La substance blanche de la moelle est disposée sous forme de *cordons*. Jusqu'au milieu du XIX[e] siècle, les anatomistes et les cliniciens divisaient chaque moitié de la

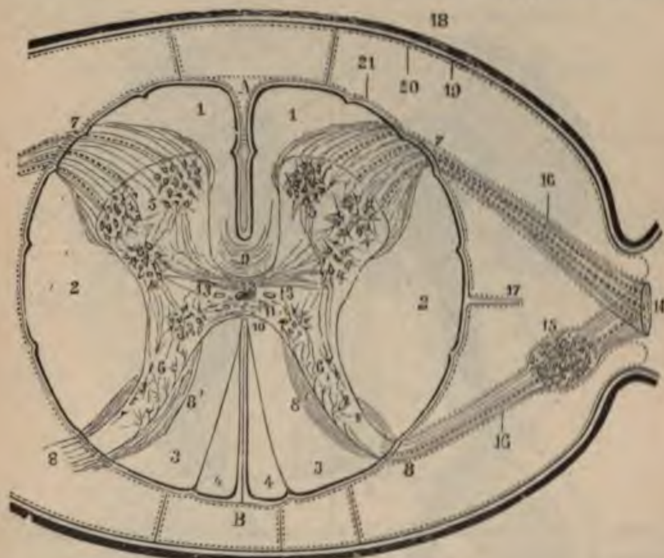


Fig. 397. — Coupe schématique de la moelle épinière, de ses enveloppes, et origine des nerfs rachidiens.

A, sillon médian antérieur. — B, sillon médian postérieur. — 1, 2, 3, *cordons antérieurs, latéraux et moyens*. — 4, 4, faisceaux de Goll. — 5, *corne antérieure*. — 6, *corne postérieure*. — 7, 7, *implantation des racines antérieures sur la moelle*. — 8, *implantation des racines postérieures*. — 9, commissure blanche. — 10, commissure grise. — 11, 12, coupe du canal de l'épendyme. — 13, 13, coupe d'un gros vaisseau. — 14, coupe du tronc du nerf rachidien. — 15, ganglion des racines postérieures. — 16, 16, *racines du grand sympathique ponctuées, mêlées aux racines des nerfs rachidiens*. — 17, coupe du ligament dentelé. — 18, paroi osseuse — 19, dure-mère. — 20, feuillet pariétal de l'arachnoïde. — 21, feuillet viscéral de l'arachnoïde.

moelle en trois cordons, séparés par l'insertion des nerfs rachidiens. C'était la science de ce temps là.

Il faut reconnaître que l'étude de la moelle, par les moyens d'observation qu'on possédait alors, était extrêmement difficile. Les procédés de coloration, qu'on a trouvés depuis, ne sont même pas d'une grande utilité pour l'étude des cordons. Ce n'est que lorsqu'on eut étudié le développement des faisceaux chez l'embryon, et qu'on eut appris à connaître, par l'expérimentation, et surtout par les lésions pathologiques, la *dégénération secondaire*

des fibres nerveuses séparées de leur centre trophique, qu'on commença à distinguer les divers faisceaux dont sont formés les cordons de la moelle.

Cette dégénération secondaire est d'une importance si capitale qu'elle m'a paru mériter une description à part (voy. *Dégénération secondaire*). C'est depuis les travaux d'Aug. Waller (1852)

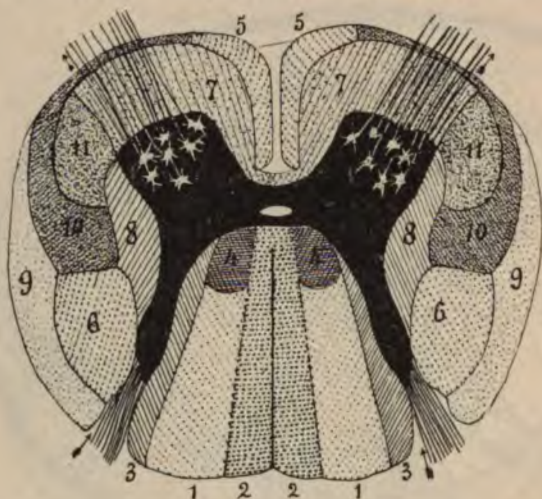


Fig. 398. — Coupe schématique de la moelle montrant tous les faisceaux.

1, faisceau de Burdach. — 2 faisceau de Goll. — 3, faisceau externe de Pierret. — 4, faisceau fondamental (fibres endogènes) du cordon postérieur. — 5, faisceau de Türck, ou faisceau pyramidal direct. — 6, faisceau pyramidal croisé. — 7, faisceau fondamental du cordon antérieur. — 8, faisceau fondamental du cordon latéral. — 9, faisceau cérébelleux direct. — 10, faisceau de Gowers. — 11, faisceau intermédiaire de quelques auteurs.

sur la *dégénération secondaire* des fibres à la suite de lésions pathologiques, qu'on est parvenu à disséquer la moelle et à décomposer chacun des *cordons* en plusieurs *faisceaux secondaires*.

Türck, médecin à Vienne, a le premier décrit, en 1851, la dégénération secondaire du faisceau qui porte son nom. Je ne serais pas éloigné de croire que l'observation de Türck a été le point de départ des travaux de Waller.

Rien n'est plus attrayant que l'étude des altérations consécutives à la destruction des fibres nerveuses ou de leurs cellules trophiques. Je comprends que des cliniciens comme Charcot, Bouchard, Pierret et Déjerine en aient fait l'objet de leurs études favorites (1).

(1) Malgré les progrès immenses réalisés dans ces dernières années, il faut avouer qu'il reste beaucoup à faire dans la même voie. Ainsi, les faisceaux ne

D'après ce que j'ai dit (voy. *Cellules* et *fibres nerveuses*) on comprend que les dégénérations secondaires sont *ascendantes* pour les fibres sensitives (dont le centre trophique est dans le ganglion rachidien) et *descendantes* pour les fibres motrices (dont le centre trophique se trouve dans les cellules nerveuses des régions motrices des circonvolutions). La dégénération secondaire est toujours cellulifuge, que la fibre soit motrice ou sensitive.

Tableau des cordons et faiceaux de la moelle.

Cordon postérieur.	faisceau de Goll. faisceau de Burdach. faisceau fondamental du cordon postérieur.	sensitifs.
Cordon antérieur.	faisceau pyramidal antérieur ou direct, (faisceau de Türck)	moteur.
	faisceau fondamental du cordon antérieur. faisceau fondamental du cordon latéral.	mixtes.
Cordon latéral.	faisceau pyramidal latéral ou croisé. . . .	moteur.
	faisceau de Gowers. faisceau cérébelleux.	sensitifs.



Fig. 399. — Coupe des faisceaux moteurs de la moelle, à dégénération secondaire descendante (d'après Van Gehuchten).

1, faisceau pyramidal latéral, ou croisé. — 2, faisceau pyramidal antérieur, ou direct (faisceau de Türck).

Généralités sur les cordons de la moelle. — Les cordons de la moelle sont de grands faisceaux de fibres nerveuses longitudinales

sont pas bien délimités, il y en a encore d'inconnus, et relativement à la fonction de quelques-uns, on est encore dans le doute. Ce qui complique l'étude de ces faisceaux, c'est : 1° l'entremêlement de leurs fibres avec celles des faisceaux voisins ; 2° le nombre considérable de collatérales que fournissent la plupart des fibres de la moelle, celles du cordon postérieur principalement.

les unes descendantes, motrices, les autres ascendantes, sensitives.

Fibres courtes et longues. — Tous les cordons, à leur point de contact avec la substance grise, ont des *fibres courtes*, *voies courtes* de quelques auteurs. Ces fibres s'étendent entre les divers segments de la substance grise, qu'elles rendent solidaires, pour ainsi dire, les uns des autres.



Fig. 400. — Rapports des divers faisceaux de la moelle épinière (d'après Van Gehuchten).

1, faisceau pyramidal du cordon latéral, ou faisceau pyramidal croisé. — 2, faisceau pyramidal antérieur ou faisceau pyramidal direct. — 3, cordon postérieur. — 4, faisceau cérébelleux direct sensitif. — 5, toute la partie ponctuée en blanc représente le faisceau fondamental du cordon antéro-latéral (mixte). — 6, faisceau de Gowers sensitif.

La partie superficielle des cordons est formée de *fibres longues*, *voies longues* de quelques auteurs.

Rapports avec le système nerveux périphérique. — Les fibres des cordons antérieur et latéral sont des *fibres intrinsèques* des centres nerveux ; elles ne se continuent avec aucune fibre des nerfs.

Les fibres du cordon postérieur seules se continuent pour la plupart avec les fibres (sensitives) du système nerveux périphérique.

Terminaison des cordons. — Les fibres superficielles de tous les cordons arrivent en grande partie au cerveau après entre-croisement, dans le bulbe, des fibres sensitives ascendantes, venues de la moelle, et des fibres motrices descendantes, venues du cerveau.

Faisceaux fondamentaux. — Chaque cordon possède un *fais-*

ceau fondamental profond et des faisceaux de *fibres superficielles* recouvrant le faisceau fondamental (1).

Myélinisation. — D'après Flechsig, les fibres de la moelle prennent leur myéline avant celles de l'encéphale. A la naissance, la moelle est complètement myélinisée, sauf dans les faisceaux pyramidaux, tandis que le cerveau est encore entièrement formé de fibres grises, excepté dans la capsule interne et dans la capsule externe.

1° CORDON POSTÉRIEUR DE LA MOELLE

Je ne connais aucune question anatomique aussi difficile à débrouiller que la structure du cordon postérieur.

Ce cordon, de forme triangulaire, occupe l'espace qui sépare la corne postérieure du sillon médian postérieur. Il a trois faces : l'*interne*, en rapport avec le septum médian postérieur, qui la sépare de celle du côté opposé, l'*externe*, en contact avec la corne postérieure, et la *postérieure*, qui fait partie de la surface de la moelle.



Fig. 401. — Voies courtes et voies longues de la moelle (schéma).

1, substance grise. — 2, 2, fibres longues superficielles, voies longues. — 3, 3, fibres moins longues. — 4, 4, fibres courtes, voies courtes.

Le cordon postérieur, étendu d'une extrémité à l'autre de la moelle, offre une largeur régulière de quatre millimètres environ, excepté au niveau des renflements cervical et dorso-lombaire où il est un peu plus large. Formé par toutes les racines postérieures des nerfs rachidiens, il devrait grossir de bas en haut, puisqu'il

(1) Stilling a compté la totalité des fibres blanches de la moelle, au niveau du deuxième nerf cervical ; il en a trouvé 401,694 et Gaule en a comptés 70,000 au même niveau sur une grenouille. De quelle utilité sont ces chiffres ?

reçoit de nouvelles racines à mesure qu'il monte. Il ne grossit pas parce qu'une grande partie n'arrive pas au bulbe et se jette dans la substance grise à toutes les hauteurs.

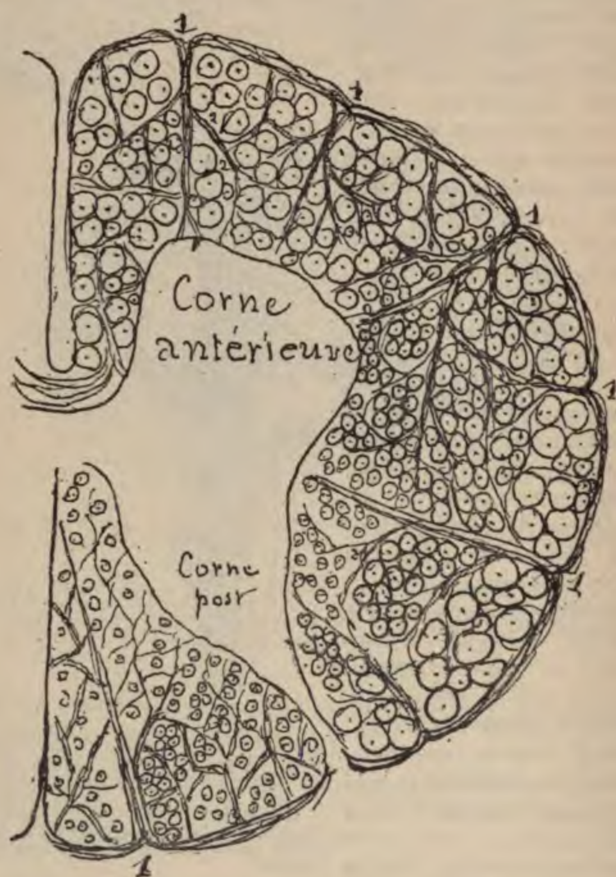


Fig. 402. — Coupe schématique de la moelle. — On voit les faisceaux de fibres séparés par les cloisons de la névroglie. On distingue nettement le faisceau de Goll et le faisceau de Burdach.

Faisceaux de Goll et de Burdach. — Vers le quatrième nerf dorsal, on voit un sillon qui devient de plus en plus apparent à mesure qu'on se rapproche du bulbe, et qui divise le cordon postérieur en deux faisceaux inégaux, l'un *interne* plus petit, *faisceau*

de Goll (1) ou *faisceau grêle*, l'autre *externe* plus volumineux, *faisceau de Burdach* (2), ou *faisceau cunéiforme*.

Origine et terminaison du cordon postérieur. — Les faisceaux de Goll et de Burdach ont pour *origine* les racines postérieures sensitives des nerfs rachidiens, issues des ganglions rachidiens.

Leur *terminaison* a lieu en grande partie dans les cellules des noyaux de Goll et de Burdach, situés dans le bulbe (voy. *Bulbe*).

Pyramides postérieures. — A la partie supérieure, les deux faisceaux de Goll se séparent et se dirigent en haut et en dehors pour former les bords du bec du *calamus scriptorius,* où ils prennent le nom de *pyramides postérieures*. Au moment où ils s'écartent, ces faisceaux présentent un renflement, *renflement mamelonné du bulbe*, en forme de massue, ce qui lui a fait donner le nom de *clava*.

Le faisceau de Burdach s'écarte de la ligne médiane comme le précédent et paraît se continuer avec le pédoncule cérébelleux inférieur (3).

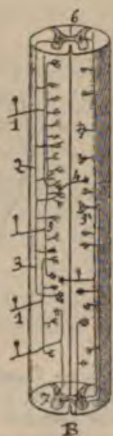


Fig. 403. — Voies courtes dans la moelle.

1, racines postérieures des nerfs rachidiens. — 2, 3, branches descendantes et ascendantes. — 4, collatérales longues. — 5, collatérales courtes. — 5', dendrites des cellules motrices s'articulant avec les collatérales des racines sensitives. — 6, coupe de la moelle et articulation de deux neurones. — 7, idem.

Sensitif. — Le cordon postérieur est, dans toute son épaisseur, formé de fibres sensitives. Celles-ci sont de deux ordres : les unes, de beaucoup les plus considérables, sont formées par la totalité des racines postérieures des nerfs rachidiens, les autres beaucoup moins nombreuses, forment un petit faisceau indépendant, situé en avant du faisceau de Burdach, contre la commissure

(1) Kolliker a donné le nom de *faisceau de Goll* a ce faisceau que Goll appelait, dans les coupes, le *coin sombre*, décrit par Foville sous le nom de *faisceau interne du cordon postérieur*, par Cruveilhier sous le nom de *cordon médian postérieur*, et par Gratiolet sous celui de *funicule marginal*. Ce sont surtout ces synonymes qui compliquent l'étude de la moelle.

(2) Burdach (Charles-Frédéric), né en 1776, mort en 1847, professeur à Dorpat, puis à Kœnigsberg, et enfin à Breslau, décrivit ce *faisceau*, en 1844.

(3) Le sillon qui sépare le faisceau de Goll de celui de Burdach est le *sillon paramédian*. Il existe dans ce sillon une cloison de névroglie appelée *septum paramédian*.

grise. On peut donc décrire dans le cordon postérieur un faisceau fondamental (fibres intrinsèques) et des fibres radiculaires (fibres extrinséques) (1).



Fig. 404. — Coupe schématique de la moelle épinière (région dorsale). Le pointillé gris, autour de la substance grise, indique la coupe des fibres nerveuses courtes et profondes (voies courtes) ; le pointillé blanc indique la coupe des fibres nerveuses longues et superficielles (voies longues).

1, cordon postérieur. — 2, sillon collatéral postérieur. — 3, 4, cordon antéro-latéral. — 5, corne antérieure. — 6, corne latérale de la substance grise. — 7, 7, coupe des fibres superficielles.

Faisceau fondamental du cordon postérieur (2). — Situé dans l'angle qui réunit la corne postérieure et la commissure grise, le faisceau fondamental, formé par les fibres *intrinsèques*, ou *endogènes*, du cordon postérieur, est une mince commissure longitudi-

(1) Le professeur Dieulafoy décrit une *bandelette de Charcot et Pierret* occupant le tiers externe du faisceau de Burdach. Elle existerait sur toute la hauteur de la moelle. Cette bandelette serait formée de fibres commissurales, comme le faisceau fondamental établissant des relations intimes entre les différentes hauteurs des cornes postérieures. Elle contiendrait en outre des fibres obliques et transversales, appartenant aux racines postérieures des nerfs rachidiens, qui se jettent dans la corne postérieure. Je crois qu'il y a là une interprétation défectueuse. Charcot et Pierret n'ont jamais fait ensemble un travail sur cette région. Mais Pierret a étudié spécialement la zone radiculaire postérieure et il a montré que le faisceau de Goll et le faisceau de Burdach avaient une structure différente, celui de Burdach contenant seulement des fibres radiculaires, attaquées dans le *tabes*, celui de Goll, formant le *système médian*, et constitué seulement par des fibres longues. On peut donc donner à ces fibres externes le nom de *bandelette de Pierret*, pour rendre hommage à ce travailleur consciencieux.

(2) Synonymes : *faisceau ventral*, *fibres endogènes*, *fibres médullaires*, *faisceau des fibres cornu-commissurales*.

nale, mettant en communication les divers segments de substance grise de la moelle.

Sa constitution. — Ce faisceau est formé de fibres courtes commissurales qui naissent dans les cellules des cornes postérieures de la partie inférieure de la moelle et dans la substance gélatineuse de Rolando.

Immédiatement après leur origine, ces fibres se bifurquent en une branche ascendante et une branche descendante. Après un trajet variable, mais court, ces deux branches se courbent à angle droit et se terminent dans les cellules des cornes postérieures à différentes hauteurs, après avoir fourni des *collatérales.*

On peut définir le faisceau fondamental : une *longue commission longitudinale entre les diverses régions des cornes postérieures.*

D'après Lenhossek, Déjerine et Sottas, le faisceau fondamental n'existe que dans le faisceau de Burdach, et nullement dans le faisceau de Goll.

A leur point de contact avec le faisceau de Burdach, les fibres du faisceau fondamental se mêlent aux fibres voisines du faisceau de Burdach, de sorte que les deux faisceaux ne sont pas nettement séparés. Il en résulte que ces quelques fibres éparses donnent un aspect particulier aux coupes de la moelle. C'est ainsi qu'on explique le *faisceau en virgule* de Schultze, dans la coupe du cordon postérieur de la région cervicale ; il en est de même du *centre ovale* de Flechsig dans la région lombaire, et du *triangle de Gombault et Philippe* dans la région sacrée de la moelle de l'embryon.

Dans l'*ataxie locomotrice progressive* (tabes), le cordon postérieur et les racines postérieures sont sclérosés, tandis que les fibres du faisceau fondamental restent saines, ce qui prouve que ce faisceau est indépendant des racines postérieures des nerfs rachidiens. Déjerine et Sottas (*Soc. de Biol.*, juin 1896) ont publié une observation bien complète d'écrasement des racines nerveuses de la queue de cheval. Étudiant la dégénération secondaire ascendante des fibres du cordon postérieur de la moelle, ils ont constaté l'intégrité absolue du faisceau fondamental du cordon postérieur, ce qui prouve bien qu'il est différent du reste du cordon.

Fibres radiculaires du cordon postérieur. — On les appelle encore fibres *exogènes ;* ce sont les fibres *extrinsèques.* Elles sont formées par la totalité des racines postérieures des nerfs rachidiens.

Régions de la corne postérieure. — Pour bien comprendre le

mode de distribution des racines postérieures, il faut avoir bien présents à l'esprit la topographie et les rapports de la corne postérieure.

La *base* de la corne postérieure est la partie qui se continue avec le reste de la substance grise. On appelle *col*, ou *cervix*, un léger étranglement qui fait suite à la base, *tête*, ou *caput*, l'extrémité libre, arrondie de la corne, et *sommet*, ou *apex*, le sommet de la tête.

La corne postérieure sépare le cordon latéral du faisceau de Burdach. Le sommet de la corne arrive au fond du sillon collatéral postérieur et n'atteint pas la surface de la moelle. Ce sillon est comblé par la substance gélatineuse de Rolando qui coiffe, pour ainsi dire, le sommet de la corne postérieure.

Les trois couches de ce sillon. — La substance qui comble le sillon collatéral postérieur a été l'objet d'études récentes. On y décrit trois couches superposées qui sont du centre à la périphérie :

1° Une *couche profonde* dans laquelle on trouve un plexus de très fines fibres nerveuses, des cellules nerveuses petites, et des faisceaux longitudinaux de fibres fines et grosses, parmi lesquelles on en rencontre d'ascendantes et de descendantes. A la région lombaire, les fibres de ces faisceaux se dirigent en dedans, vers le faisceau de Burdach, et à la région cervicale, elles se dirigent en dehors pour se perdre dans le cordon latéral. D'après Cajal, ces fibres verticales sont les cylindraxes des cellules nerveuses de la couche interne de la substance de Rolando (1).

2° Une *couche moyenne* formée par la substance de Rolando avec ses trois couches de cellules nerveuses. La substance de Rolando couvre la tête, en dedans et en dehors, jusqu'au col.

3° Une *couche superficielle*, coiffant la substance de Rolando de la même manière que celle-ci coiffe la corne postérieure.

Cette couche est formée de fibres fines, verticales, transversales et obliques, rampant à la surface de la corne postérieure, depuis la colonne de Clarke jusqu'au cordon latéral. Leurs cylindraxes se continuent les uns avec les fibres du cordon postérieur, les autres avec celles du cordon latéral. Cette couche superficielle

(1) N'ai-je pas raison de protester contre l'abus des dénominations variées dont on entoure les plus petits détails anatomiques ? Cette couche si mince est appelée *substance spongieuse postérieure* par Lissauer, *zone plexiforme* par Cajal, *noyau de la tête* par Waldeyer ; j'ajoute que le principal des faisceaux des fibres verticales est appelé, par Kölliker, *faisceau longitudinal* de la corne postérieure.

porte les noms de *couche limitante* (Cajal), *zone spongieuse de Rolando* (Gerlach et Lissauer), *couche zonale* (Waldeyer).

Les trois groupes de fibres radiculaires. — Il résulte des études les plus récentes que les racines postérieures des nerfs rachidiens se divisent en trois groupes au moment où elles pénètrent dans le sillon collatéral postérieur (voy. fig. 405).

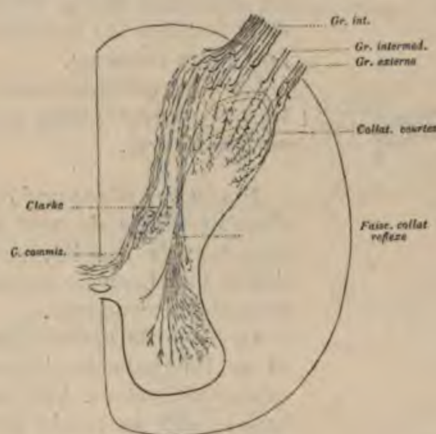


Fig. 405. — Coupe de la moelle, côté gauche (d'après Poirier).

Fibres radiculaires du cordon postérieur. On peut suivre le trajet des collatérales longues vers la corne antérieure et vers la commissure. Le faisceau collatéral réflexe représente les collatérales longues.

Le *groupe interne*, le plus volumineux, est formé de fibres grosses, qui traversent la moitié interne de la substance de Rolando, pour se jeter dans le faisceau de Burdach dont elles constituent la partie externe.

Le *groupe moyen*, composé d'un petit nombre de fibres se dirige vers le sommet de la corne postérieure. A peu près confondu avec le groupe externe chez l'homme, on le trouve parfaitement distinct chez les animaux et chez le fœtus.

Le *groupe externe*, plus important que le précédent, se porte sur la face externe de la corne postérieure, en dehors de la substance de Rolando.

Ce groupe forme un faisceau de fibres fines longitudinales, accompagnées de névroglie et situées entre la face externe de la corne postérieure et la partie postérieure du cordon latéral. Les fibres de ce faisceau sont courtes et n'ont pas plus de deux à trois

centimètres de longueur. Elles fournissent des collatérales qui se perdent dans la corne postérieure.

Ce groupe externe a été découvert, en 1885, dans le laboratoire de Weigert, par Lissauer, qui lui a donné le nom de *zone marginale*.

Les fibres de la *zone marginale de Lissauer* se myélinisent vers la moitié du huitième mois. Elles dégénèrent dans le *tabes* dès le début de la maladie, selon Lissauer.

La zone marginale était décrite autrefois comme partie postérieure du cordon latéral.

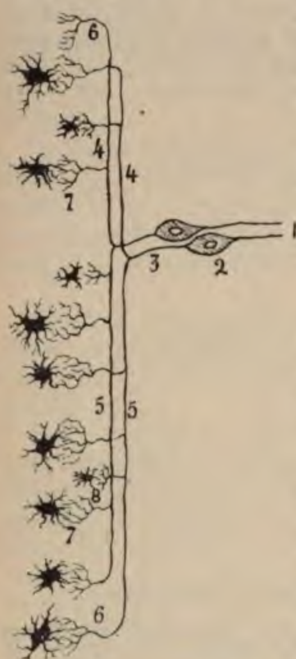


Fig. 406. — Terminaison des racines postérieures des nerfs rachidiens. Figure schématique.

1, nerf rachidien. — 2, ganglion. — 3, racine postérieure se bifurquant en arrivant à la moelle. — 4, 4, branche ascendante. — 5, 5, branche descendante. — 6, 6, leur terminaison. — 7, collatérales longues s'articulant par leurs ramifications avec les cellules de la tête de la corne antérieure. — 8, collatérales courtes s'articulant avec les dendrites des cellules de la base de la corne antérieure.

(Le dessinateur a placé, par erreur, la branche courte en haut).

Trajet des fibres radiculaires (1). — Chaque racine de nerf rachidien, en abordant la moelle, se bifurque et donne une branche ascendante et une branche descendante.

La *branche descendante* est courte et sa longueur ne dépasse pas quelques centimètres. A la fin de ce court trajet, elle se coude brusquement à angle droit pour s'articuler avec les prolongements des cellules des cornes postérieures, après avoir donné des collatérales.

La *branche ascendante* peut-être courte, moyenne ou longue. Lorsqu'elle est longue, elle atteint fréquemment les noyaux de Goll et de Burdach ; si elle est courte, elle peut

(1) Stilling a compté, dit-on, 504.473 fibres dans toutes les racines postérieures et 300 000 dans les antérieures. Ce sont là évidemment des chiffres entachés d'erreur, car, si nous admettons que le diamètre moyen de ces fibres est de 16 μ, nous avons $504473 \times 16 = 8136568$ c'est-à-dire que les fibres des racines postérieures juxtaposées formeraient une longue surface de huit mètres et une fraction ! Et la grenouille chez laquelle Birge a compté 10 702 racines postérieures devrait avoir une moelle de plus de 20 centimètres de long, étant donné que les fibres de la grenouille sont plus grosses que celles de l'homme.

ne pas dépasser quelques centimètres. Ces fibres courtes, comme les moyennes, dont la longueur varie, se coudent à angle droit, à leur terminaison, et se jettent dans la substance grise. Toutes ces fibres donnent des collatérales.

Collatérales. — Dans leur trajet, les branches ascendantes et descendantes émettent des *branches collatérales*, qui naissent à angle droit et qui se terminent dans la substance grise, après un court trajet. On les divise en longues, courtes et commissurales.

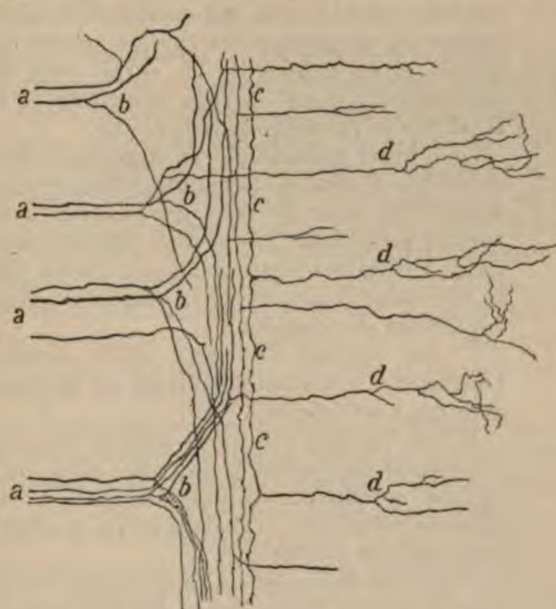


Fig. 407. — Coupe longitudinale de la moelle d'un embryon humain de 20 centimètres, pratiquée au niveau du sillon collatéral postérieur pour montrer le mode de terminaison des racines postérieures (d'après Lenhossek).

a, a, racines postérieures. — *b, b, b*, leur bifurcation en branches ascendante et descendante. — *c, c, c*, fibres longitudinale du faisceau de Burdach avec les collatérales. — *d, d, d*, collatérales des branches ascendante et descendante.

1° Les *collatérales longues* sont celles qui, après avoir pénétré dans la substance grise, se portent aux cellules de la tête de la corne antérieure (fig. 403 et 405).

2° Les *collatérales courtes* se perdent dans la base de la corne antérieure, dans la corne postérieure, ou dans la colonne de Clarke (fig. 405).

Les collatérales longues constituent ce que Kölliker a appelé

faisceau collatéral réflexe, ou *faisceau sensitivo-moteur* de Cajal.

3° Les *collatérales commissurales* naissent principalement des fibres de la partie externe du faisceau de Burdach. Elles se rendent aux cellules de la corne postérieure du côté opposé après avoir traversé la commissure grise.



Constitution des faisceaux de Goll et de Burdach. — J'ai déjà dit que les racines postérieures rachidiennes forment deux groupes principaux, un *groupe interne*, considérable, qui va former le cordon postérieur et un *groupe externe*, en arrière du cordon latéral, et en dehors de la corne postérieure, ce dernier constituant la zone marginale de Lissauer, ainsi que je l'ai déjà dit plus haut.

Ce dernier appartient, en apparence seulement, au cordon latéral, mais ses fibres traversent la corne postérieure pour se terminer en définitive dans le cordon postérieur. Le groupe interne des racines forme les fibres longitudinales du cordon postérieur, et elles sont disposées de la manière suivante dans l'épaisseur des cordons :

1° Les *racines des nerfs sacrés* forment toute l'épaisseur du cordon postérieur au niveau de l'origine des nerfs sacrés.

2° Les *racines des nerfs lombaires* augmentent l'épaisseur du cordon postérieur; elles ont une direction ascendante comme celle des nerfs sacrés, qu'elles refoulent en dedans et en arrière vers le sillon médian postérieur.

3° Les *racines des nerfs dorsaux*, qui pénètrent dans le cordon postérieur au fur et à mesure, refoulent en dedans les deux autres faisceaux, de sorte que, dans la région dorsale, le cordon postérieur est formé par trois faisceaux, celui des nerfs sacrés en dedans, celui des nerfs lombaires au milieu, et celui des nerfs dorsaux en dehors (fig. 408).

Fig. 408. — Groupement des racines postérieures des nerfs rachidiens dans le cordon postérieur.

1, racines cervicales, les plus courtes naturellement, refoulant les dorsales vers la ligne médiane. — 2, racines dorsales formant un faisceau entre les cervicales et les lombaires. — 3, racines lombaires formant un faisceau entre les dorsales et les sacrées. — 4, racines des nerfs sacrés, les plus internes et les plus longues, situées dans le faisceau de Goll.

4° Les *racines des nerfs cervicaux* donnent naissance à un qua-

trième faisceau qui refoule les trois autres en dedans et en arrière.

Le faisceau de Goll est formé par les fibres longues des nerfs sacrés et lombaires, tandis que le faisceau de Burdach est formé par les fibres longues, moyennes et courtes des nerfs dorsaux et cervicaux.

Constitution du cordon postérieur. — C'est par l'expérience et l'étude des faits cliniques qu'on est arrivé à la connaissance de la constitution du cordon postérieur.

a. *Méthode Wallérienne.* — 1° Sectionnez la moelle et faites plus tard des coupes à trois ou quatre centimètres au-dessus, en ayant soin de laisser quelques racines postérieures des nerfs rachidiens entre le point sectionné et le point sur lequel ont été faites les coupes. Vous constaterez que les fibres internes du cordon postérieur (dont le centre trophique se trouve dans les ganglions rachidiens) sont dégénérées, *dégénération secondaire ascendante*, tandis que les fibres externes, fournies par les racines des nerfs situés entre le point sectionné et les coupes, sont saines, normales.

Si ces coupes sont faites plus haut, sur un point plus éloigné de la section, le faisceau des fibres saines sera plus considérable, parce qu'il sera augmenté de toutes les racines postérieures situées entre la section et les coupes.

2° Si on divise les racines postérieures seules d'un seul côté, on constatera plus tard, au moyen des coupes, que les fibres dégénérées se trouvent à la partie externe du cordon postérieur, contre la corne postérieure, dans la zone radiculaire même.

Supposons maintenant qu'on coupe les racines postérieures de trois nerfs qui se suivent, et plus haut également celles de trois autres nerfs, en ayant soin de laisser entre les deux groupes de racines coupées un certain nombre de racines postérieures saines. En faisant des coupes plus tard, on constatera que les fibres dégénérées des racines postérieures du premier groupe formeront un faisceau interne, tandis que les fibres dégénérées du groupe supérieur formeront un faisceau externe appliqué contre la face interne de la corne postérieure. Entre ces deux faisceaux de fibres dégénérées, on trouvera un faisceau de fibres saines appartenant aux racines non divisées, situées entre les deux groupes.

b. *Fait clinique.* — Pfeiffer a pu suivre la même dégénération sur un homme dont une tumeur sarcomateuse avait détruit, avec les vertèbres, les racines des deux premiers nerfs dorsaux, sans léser la moelle. Une coupe pratiquée au niveau du premier nerf dorsal a montré une zone de fibres dégénérées le long de la face interne

de la corne postérieure. Une deuxième coupe, faite vers le troisième nerf cervical, montrait un faisceau de fibres saines, contre la corne postérieure et le faisceau de fibres dégénérées à la partie interne du faisceau de Burdach, où elles avaient été refoulées par les racines saines des nerfs situés au-dessus.

En *clinique*, on observe, dans l'*ataxie locomotrice*, ou *tabes*, qui affecte les racines postérieures des nerfs, une *dégénération* des fibres du cordon postérieur représentant la somme des racines postérieures, mais on trouve à la partie profonde du cordon postérieur un groupe de ***fibres saines*** qui constitue le *faisceau fondamental du cordon postérieur*.

2° CORDON ANTÉRIEUR DE LA MOELLE

Il y a à peine quelques années, on se contentait de dire : Il y a trois cordons dans la moelle : un antérieur, moteur ; un postérieur, sensitif ; et un latéral moteur, en avant et sensitif en arrière. Depuis, les choses ont bien changé.

Depuis les travaux de Türck, en 1851, on sait que le cordon antérieur se compose de deux faisceaux, un faisceau interne, *faisceau pyramidal direct*, et un faisceau externe, plus volumineux, *faisceau fondamental du cordon antérieur*.

Türck a remarqué que les lésions du faisceau pyramidal de la capsule interne du cerveau produisent une dégénération descendante de la partie interne du cordon antérieur.

Charcot, Bouchard, Pitres, etc., ont étudié avec soin cette dégénération. Examinons ces deux faisceaux.

1° Faisceau pyramidal direct. — On donne le nom de *faisceau pyramidal* à un gros faisceau de fibres qui descendent des centres moteurs des circonvolutions cérébrales. Le faisceau pyramidal descendant constitue les pyramides antérieures du bulbe, d'où son nom. A la partie inférieure de la pyramide, il se divise en deux faisceaux secondaires : l'un, non entrecroisé dans le bulbe, descend verticalement en dedans du cordon antérieur, c'est pour cette raison qu'on l'appelle *direct*; l'autre s'entre-croise avec celui du côté opposé et se porte dans le cordon latéral de la moelle. Ce dernier s'appelle *faisceau pyramidal latéral*, ou *faisceau croisé*. Le faisceau pyramidal direct s'appelle encore *faisceau pyramidal du cordon antérieur*, ou *faisceau de Türck*.

Le faisceau pyramidal direct descend sur la face interne du cordon antérieur. Il a la forme d'une bandelette dont la face externe se confond avec le faisceau fondamental du cordon antérieur. Sa

face interne limite le sillon médian antérieur ; son bord postérieur se continue avec la commissure blanche, et son bord antérieur forme la lèvre du sillon médian antérieur.

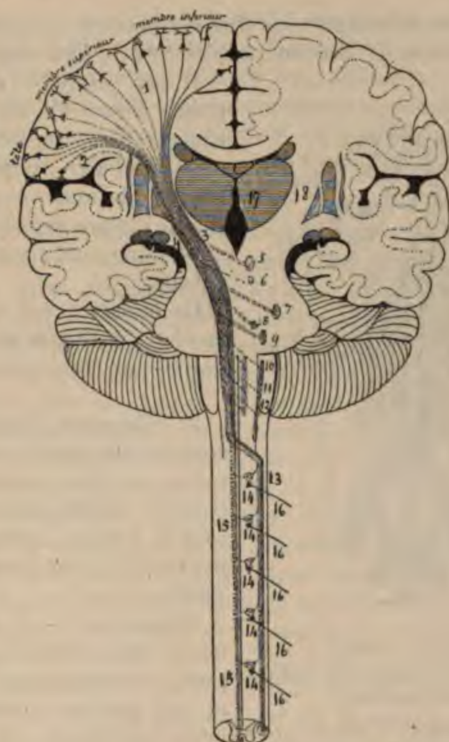


Fig. 409. — Schéma du faisceau pyramidal, et du faisceau géniculé et de la voie des mouvements volontaires (d'après van Gehuchten).

1, cellules pyramidales des circonvolutions, le tiers du côté droit donne naissance aux fibres des nerfs du membre inférieur, le tiers moyen à celles du membre supérieur et le tiers gauche, — 2, faisceau géniculé, à celles des muscles de la tête. — 3, 4, trajet du faisceau pyramidal dans la capsule interne. (Les fibres du membre inférieur ne sont pas ponctuées). — 5, fibres motrices que le faisceau géniculé abandonne à la troisième paire. — 6, à la quatrième. — 7, à la cinquième. — 8, à la sixième. — 9, à la septième. — 10, 11, 12, colonne motrice externe et postérieure recevant du faisceau géniculé des fibres motrices pour les neuvième, dixième et onzième paires. On voit en avant le noyau allongé du grand hypoglosse recevant également des fibres. 13, faisceau pyramidal latéral, après son entrecroisement. — 14, articulation des neurones moteurs, 16, avec les cylindraxes du faisceau pyramidal croisé et avec ceux des faisceaux pyramidaux directs. — 15, le trait noir vertical et médian indique l'axe de la moelle épinière. — 17, noyau caudé du corps strié. — 18, espace correspondant à la capsule interne du côté opposé.

Le faisceau pyramidal direct diminue de volume de haut en bas et se termine en pointe, parce que ce faisceau moteur volontaire, à mesure qu'il descend, entre-croise ses fibres avec celles du faisceau

du côté opposé. L'entre-croisement a lieu dans toute la hauteur de la moelle, il se fait dans la commissure blanche, formée en grande partie par les fibres entre-croisées des deux faisceaux pyramidaux directs.

Après l'entrecroisement, les fibres nerveuses se jettent dans les cellules nerveuses de la corne antérieure du côté opposé.

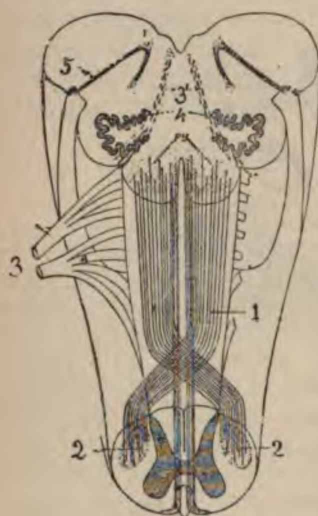


Fig. 410. — Entrecroisement des pyramides antérieures du bulbe (d'après Van Gehuchten).

1, pyramide antérieure. — 2, faisceau pyramidal latéral ou croisé. (On voit en dedans le faisceau pyramidal antérieur ou direct.) 3, g. hypoglosse. — 4, olives. — 5, facial.

Il est difficile de suivre la pointe terminale du faisceau pyramidal direct au delà du premier nerf lombaire. Cependant Déjerine et Thomas ont poursuivi des fibres jusque vers les racines du quatrième nerf sacré (Van Gehuchten).

Ce faisceau est exclusivement moteur, à dégénération descendante, par conséquent.

2° Faisceau fondamental du cordon antérieur (1). — Ce faisceau forme la plus grande partie du cordon antérieur, il comprend tout le cordon, moins le faisceau pyramidal direct, ou faisceau de Türck.

Rapports. — Il embrasse la corne antérieure ; il est en rapport, en avant, avec la pie-mère et les racines antérieures des nerfs rachidiens, en dedans avec le faisceau de Türck, en dehors avec le faisceau fondamental du cordon latéral, avec lequel il se confond, et avec le faisceau de Gowers.

Constitution. — C'est une longue *commissure longitudinale* formée de fibres fortes, moyennes et fines, mêlées, qui relie entre elles les différentes parties de la substance grise. Ce faisceau est formé de *fibres profondes* courtes, ne dépassant pas souvent quelques centimètres, et de *fibres superficielles* plus longues. Les fibres viennent des cellules des cordons et elles se divisent en

(1) Synonymes. *Faisceau antérieur propre, fasciculus anterior proprius, faisceau fondamental antérieur, zone radiculaire antérieure.*

branche ascendante et en branche descendante comme les racines du cordon postérieur. La dégénération ascendante prédomine dans les fibres.

Collatérales. — Le cylindraxe de ces fibres, au moment où il pénètre dans la substance grise, fournit des *branches collatérales* qui viennent s'articuler avec les cellules de la corne antérieure du même côté. Un certain nombre se portent aux cellules de la corne antérieure du côté opposé, en passant par la commissure blanche. Au niveau de la commissure, elles se revêtent de myéline.

Origine et terminaison. — Les *fibres longues*, superficielles, du faisceau fondamental tirent leur *origine* des parties inférieures de la substance grise de la moelle, en partie dans les cornes de la substance grise du même côté et en partie dans celles du côté opposé, principalement dans les cellules du groupe antéro-interne de la corne antérieure du même côté. C'est sur la partie interne de ce faisceau que se trouve le *faiceau marginal antérieur*, décrit par Lowenthal, faisceau observé chez les vertébrés, non encore chez l'homme. Leur *terminaison* a lieu en haut, dans le bulbe, où elles se continuent avec le *faisceau longitudinal postérieur*, ou *médian*, situé au voisinage du plancher du quatrième ventricule. Nous verrons, plus loin, comment le faisceau antérieur s'incline en arrière, dans le bulbe, pour devenir postérieur.

Dans leur trajet, ces fibres, comme toutes celles qui avoisinent la substance grise, envoient des collatérales aux cellules de la substance grise.

Les *fibres courtes* du faisceau fondamental du cordon antérieur se terminent dans la substance grise de la moelle.

Nature. — Voir le *faisceau fondamental du cordon latéral* avec lequel il se fusionne.

Le cordon antérieur possède les plus grosses fibres nerveuses, et les collatérales de ces fibres sont également les plus grosses collatérales.

3° CORDON LATÉRAL DE LA MOELLE

On décrit quatre faisceaux dans le cordon latéral : le faisceau pyramidal croisé, le faisceau fondamental du cordon latéral, le faisceau cérébelleux et le faisceau de Gowers.

Nous avons vu que le cordon latéral comprend toute la portion de moelle limitée, profondément par la concavité de la substance grise, en arrière par la corne postérieure et les racines postérieures

des nerfs rachidiens qui les séparent du cordon postérieur, et en avant par les racines antérieures et par le cordon antérieur, avec lequel il est confondu sous le nom de *cordon antéro-latéral.*

1° Faisceau pyramidal croisé. — Appelé encore *faisceau pyramidal du cordon latéral*, ce faisceau est la branche de bifurcation externe de la pyramide du bulbe, autrement dit du faisceau pyramidal descendant du cerveau.

J'ai dit plus haut que le faisceau pyramidal se divise en faisceau pyramidal direct et en faisceau pyramidal croisé. Ce dernier est formé par les trois quarts externes des fibres de la pyramide. En s'entre-croisant avec celles du côté opposé elles se dirigent en bas et en dehors pour faire partie du faisceau latéral de la moelle.

De même que le faisceau pyramidal direct, celui-ci diminue de volume à mesure qu'il descend, parce qu'il abandonne des fibres aux cellules de la corne antérieure de la moelle du même côté, dans toute l'étendue de son trajet. Il se termine en pointe vers l'origine du troisième nerf sacré, à la partie inférieure du renflement dorso-lombaire. Cependant Déjerine et Thomas ont pu suivre des fibres isolées jusqu'à la partie supérieure du *filum terminale.*

Dans son trajet descendant, le faisceau pyramidal latéral est situé à la partie postérieure du cordon latéral. Il est en rapport en dehors avec le faisceau cérébelleux, en dedans avec le faisceau fondamental du cordon latéral et avec la partie postérieure de la corne postérieure ; en avant, il est séparé du faisceau de Gowers par quelques fibres du faisceau fondamental latéral ; en arrière, il présente un bord mince qui sépare le faisceau cérébelleux de la corne postérieure.

2° Faisceau fondamental du cordon latéral (1). *Siège et Rapports* — Il adhère à la face externe des cornes antérieure, postérieure et latérale. Il est constitué, comme le faisceau fondamental du cordon antérieur, avec lequel il se confond, et la dégénération ascendante de ses fibres prédomine.

Constitution. — Exactement semblable au faisceau fondamental du cordon antérieur, il est, comme lui, une commissure longitudinale à fibres profondes *courtes* et à fibres superficielles *longues*. A leur origine, ces fibres fournissent également des collatérales qui vont dans les cellules des cornes antérieures.

(1) Synonymes : *faisceau latéral profond, couche limitante latérale de Flechsig, faisceau sensitif latéral de quelques auteurs, faisceau fondamental latéral de Bechterew.*

Ce faisceau est probablement formé, comme le faisceau fondamental du cordon antérieur, de fibres *motrices* et de fibres *sensitives*. Il *commence* à la partie inférieure de la substance grise de la moelle et il *se termine* : 1° par ses fibres profondes dans la partie supérieure de la substance grise ; 2° en confondant ses fibres superficielles avec celles du faisceau fondamental du cordon antérieur et en se continuant avec le faisceau longitudinal postérieur du bulbe.

Les fibres de ce faisceau sont les plus fines des fibres des cordons. Leur diamètre n'atteint pas 5 μ.

Les fibres de ce faisceau sont tellement confondues, en avant, avec celles du faisceau fondamental du cordon antérieur, qu'on les réunit quelquefois, je le répète, sous le nom de faisceau antéro-latéral.

Quelques auteurs divisent ce faisceau en *faisceau latéral profond* et *faisceau fondamental*, mais cette division n'est pas justifiée.

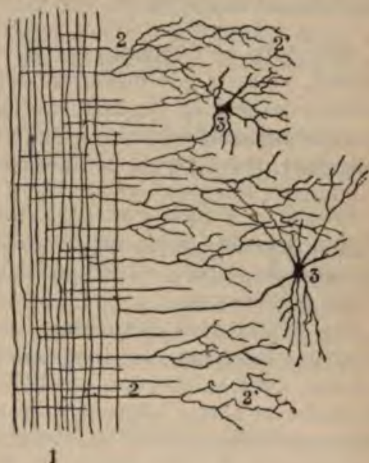


Fig. 441. — Coupe longitudinale du cordon latéral de la moelle : à gauche les fibres du cordon ; à droite deux cellules de la substance grise (d'après Van Gehuchten).

1, fibres longitudinales du cordon latéral. — 2, 2, collatérales, avec leurs arborisations terminales. — 2' 2', 3, 3', cellules de la substance grise dont le cylindraxe se rend au cordon latéral.

Sa nature. — La divergence des opinions des auteurs prouve l'incertitude qui règne sur cette question. Quelques-uns considèrent ce faisceau comme sensitif. Pour la plupart il est mixte.

3° **Faisceau cérébelleux direct**. — *Origine*. — Découvert en 1844 par Foville, le faisceau cérébelleux direct prend naissance dans la région lombaire, du même côté, par une extrémité effilée et il reçoit ses fibres de la colonne de Clarke, comme le montre Flechsig.

C'est un des rares faisceaux qui ne s'entre-croise pas. Cependant son *faisceau interne terminal* s'entre-croise dans la valvule de Vieussens.

Terminaison. — Arrivé au bulbe, il se divise en deux fascicules,

l'un *externe* qui se réunit au pédoncule cérébelleux inférieur et se perd avec lui dans le cervelet, l'autre *interne* qui traverse, de bas en haut, le bulbe et la protubérance et se rend au cervelet en passant sur le pédoncule cérébelleux supérieur qu'il embrasse, en lui formant une sorte de lien circulaire (voy. *Cervelet* et *Bulbe*).

Situation et rapports. — Il est situé à la surface du cordon latéral, sous la pie-mère, en dehors du faisceau pyramidal du cordon latéral et du faisceau de Gowers. Il forme une mince couche superficielle, une sorte d'écorce, à la surface de ces deux faisceaux. Il est formé de fibres fortes, 10 à 15 μ.

Trajet. — Il monte vers le cervelet, et il grossit rapidement à la région dorsale, où il reçoit les cylindraxes des cellules de la colonne de Clarke, située à la base et à la partie interne de la corne postérieure.

Les cylindraxes des cellules de la colonne de Clarke se groupent par faisceaux, se dirigeant horizontalement, de dedans en dehors, vers le faisceau cérébelleux. Ces faisceaux, très accusés surtout à la partie inférieure de la région dorsale, constituent le *faisceau horizontal cérébelleux* de Flechsig.

Nature. — C'est un faisceau sensitif. Sa dégénération, observée par Türck, se fait de bas en haut. Il est formé de fibres fortes, comme toutes les fibres superficielles de la moelle.

Au niveau du 12e nerf dorsal, ce faisceau représente la dixième partie de la circonférence de la moelle, soit 3 à 4 millimètres; au niveau du troisième cervical il en représente la cinquième partie.

4° **Faisceau de Gowers** (1). — *Situation.* — Étudié pour la première fois, par le médecin anglais Gowers, en 1879, sur des dégénérations consécutives à des lésions de la moelle, ce faisceau est situé en dehors du faisceau fondamental du cordon latéral, dont il fait partie pour ainsi dire, en avant du faisceau cérébelleux direct qui le recouvre en partie.

Sa constitution. — Il peut être considéré comme formé par les fibres superficielles, longues, du cordon latéral.

Origine. — Il prend naissance à la partie inférieure de la moelle. Ses fibres, coudées à angle droit, envoient leurs cylindraxes dans les cellules de la corne postérieure du *côté opposé;* quelques-

(1) Synonyme : *Faisceau antéro-latéral superficiel.*

unes se rendent dans la corne postérieure du même côté. C'est donc un *faisceau sensitif croisé*.

Terminaison. — Il se termine dans le bulbe rachidien, où ses fibres se réunissent avec celles du ruban de Reil, venues des noyaux de Goll et de Burdach (voy. *Bulbe rachidien*). Mais il abandonne quelques fibres à la substance grise de la moelle à mesure qu'il monte.

Nature. — Dans les sections de la moelle, ses fibres dégénèrent de bas en haut ; elles sont donc *sensitives*. La coupe de ce faisceau a la forme d'une virgule dont la pointe et la concavité regardent en avant et en dedans.

On donne encore à ce faisceau le nom de *voie sensitive cortico-médullaire* parce que ses fibres se mettent en rapport dans le bulbe et la protubérance avec les neurones sensitifs centraux. Quelques-unes de ces fibres peuvent être suivies jusque dans la couche optique, où elles s'articulent avec les cellules des fibres sensitives thalamo-corticales.

Trajet. — Ce faisceau augmente de volume à mesure qu'il monte, ce qui prouve qu'il reçoit des fibres tout le long de la moelle.

Myélinisation. — Sa myéline apparaît dans la deuxième moitié du huitième mois de vie fœtale.

Faisceaux accessoires du cordon latéral.

On a encore décrit divers faisceaux dans le cordon latéral, tels que le faisceau intermédiaire, le faisceau cérébelleux descendant, les faisceaux de Pal, pour ne parler que des principaux.

Faisceau intermédiaire (1). — Le faisceau intermédiaire était appelé autrefois *reste du cordon latéral, reste* parce qu'on avait extrait du cordon latéral le faisceau pyramidal croisé et le faisceau cérébelleux. Mais ce reste a encore été réduit, puisqu'on en a encore retiré le faisceau de Gowers et le faisceau fondamental. On voit donc que le faisceau intermédiaire se réduit à peu de chose. On sait qu'il prend naissance dans la substance grise et que sa dégénération est surtout descendante.

Il y a encore beaucoup à faire pour élucider complètement les divers faisceaux de la moelle.

(1) Synonyme : *Faisceau fondamental latéral* de Bechterew.

Fibres cérébelleuses descendantes. — Marchi, extirpant le cervelet, a trouvé des fibres dégénérées (dégénération descendante) disséminées entre les fibres blanches des parties latérales de la moelle. Ces fibres cérébelleuses, centrifuges, et par conséquent motrices, infiltrent tous les faisceaux de la région latérale. On en trouve dans le faisceau fondamental du cordon latéral, dans le faisceau pyramidal latéral, dans le faisceau cérébelleux direct et jusque dans toutes les parties du cordon antérieur. Ces fibres descendantes sont plus particulièrement groupées en deux faisceaux, l'un au-dessous du faisceau de Gowers, entre ce faisceau et le faisceau fondamental du cordon latéral, l'autre entre le faisceau de Gowers et le cordon antérieur. Ces fibres réunies ont été appelées par Foster *cordon antéro-latéral descendant*.

Faisceaux de Pal. — En 1897 (*Wien. med. Jahr.*), Pal a décrit chez l'homme deux faisceaux qui ont été constatés depuis par Waldeyer. L'un, antéro-postérieur, va de la partie postérieure de la colonne de Clarke à la partie interne de la base de la corne antérieure et il se perd dans le cordon antérieur ; l'autre, transversal, épais d'un millimètre, naît au voisinage de la commissure grise postérieure, traverse la corne latérale et se confond avec les fibres du cordon latéral. Quelle est leur fonction ?

Résumé synthéthique des cordons et faisceaux de la moelle.

1° Nous venons d'étudier la substance blanche de la moelle épinière entourant la substance grise, à laquelle elle est fortement adhérente. Elle est disposée sous forme de faisceaux longitudinaux dont le volume reste sensiblement le même dans toute l'étendue de la moelle.

Si la moelle était un grand cordon nerveux, formé par la réunion de toutes les fibres des nerfs, elle devrait augmenter insensiblement de bas en haut et présenter un volume considérable.

Au lieu de se tasser en un seul faisceau constituant la moelle, les fibres nerveuses pénètrent dans la substance blanche médullaire pour aboutir aux cellules nerveuses motrices sensitives et sympathiques de la substance grise.

2° Les fibres qui forment les *racines antérieures* abordent la moelle en avant, croisent la direction des fibres du cordon antérieur et rejoignent les cellules de la corne antérieure.

Les *racines postérieures* se groupent, contrairement aux fibres antérieures, se massent en un seul faisceau, le cordon postérieur. Il semble que ce cordon devrait augmenter de volume, à mesure qu'il monte ; il n'en est rien, parce que ces fibres se jettent dans la substance grise, à mesure que le cordon s'élève, de sorte que les fibres les plus superficielles arrivent seules à la partie supérieure de la moelle, tandis que les profondes se jettent dans la substance grise.

3° Les *trois cordons*, à fibres longitudinales, sont formés de fibres longues dans les couches superficielles et de fibres courtes dans les parties profondes. Longues ou courtes, ces fibres, sauf celles du cordon postérieur, qu'elles soient sensitives, comme celles du faisceau cérébelleux et du faisceau de Gowers, ou

motrices, comme les fibres des faisceaux pyramidaux, prennent leur origine de la même manière. Les cellules de la substance grise, du côté où se trouve le cordon, et celles du côté opposé également, envoient leur cylindraxe vers les cordons; arrivés à la limite de la substance grise, le cylindraxe se coude à angle droit pour former le filament central des fibres blanches et des cordons.

Dans le cordon postérieur, il en est de même, seulement les cylindraxes dont je viens de parler, au lieu de constituer l'origine des fibres de ce cordon en sont la partie terminale. Mais, au fond, les rapports entre cylindraxe et cellule nerveuse sont les mêmes. Nous savons, en effet, que toutes les racines postérieures des nerfs rachidiens, véritables cylindraxes des cellules des ganglions, nées à des hauteurs différentes, se divisent en T, au moment où elles abordent la moelle. Leurs deux branches de bifurcation, ascendante et descendante, se mettent en rapport avec les cellules de la substance grise, au moyen de nombreuses collatérales. Celles-ci se détachent des branches, à angle droit, et se rendent directement, les unes, les *courtes*, à la base des cornes antérieures de la moelle; les autres, les *longues*, aux cellules de la tête de la corne antérieure.

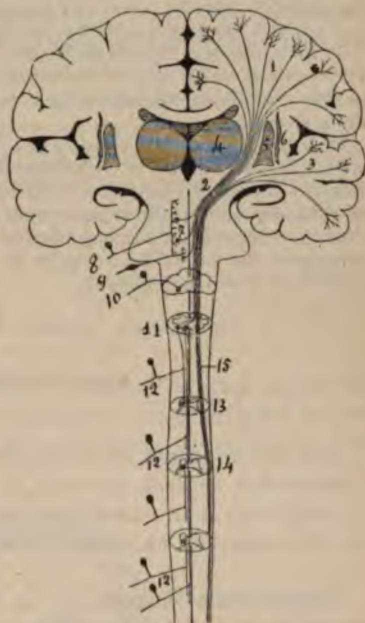


Fig. 412. — Faisceau sensitif principal des centres nerveux. Entre-croisement des fibres. Voies principales tactiles de Van Gehuchten.

1, terminaison des fibres sensitives dans les circonvolutions. — 2, condensation des fibres formant le faisceau sensitif. — 3, fibres sensitives venues des circonvolutions postérieures. — 4, noyau caudé. — Noyau lenticulaire. — 6, avant-mur. — 7, 8, 9, 10, articulation dans le bulbe des neurones sensitifs centraux avec les neurones sensitifs de la moelle. — 11, 12, avec les nerfs rachidiens.

On voit que le faisceau sensitif augmente de bas en haut, à mesure qu'il reçoit des fibres sensitives entre-croisées dans la substance grise.

4° L'expérimentation, la pathologie, la méthode wallérienne ont permis d'analyser les propriétés fonctionnelles des diverses parties de la moelle.

La substance grise, inexcitable par les moyens mécaniques, conduit la sensibilité des parties inférieures aux circonvolutions cérébrales, au moyen de chaînes de neurones.

Les conducteurs du principe du mouvement volontaire, parti des circonvolutions cérébrales et aboutissant au système musculaire, sont les fibres des faisceaux pyramidaux.

Nous avons vu que deux faisceaux sensitifs, le faisceau cérébelleux et le faisceau de Gowers, conduisent le courant sensitif des parties inférieures de la moelle au bulbe et au cervelet. Nous avons également appris que la sensibilité n'est pas conduite seulement par la substance grise, mais encore par les cordons postérieurs, avec cette distinction que ces cordons seraient conducteurs de la sensibilité tactile, tandis que la sensibilité thermique et algique serait conduite par la substance grise.

Il est à remarquer que, dans la moelle épinière, les fibres des cordons et des racines des nerfs ne s'entre-croisent pas, tandis que l'entre-croisement est à peu près constant au-dessus de la moelle. Le seul entre-croisement que l'on constate dans la moelle est celui des deux faisceaux pyramidaux directs dans la commissure blanche, celui des faisceaux Gowers, et celui des prolongements des cellules nerveuses à travers les deux commissures.

5° En appliquant les lois de Waller sur la dégénération des fibres nerveuses aux sections de la moelle, on constate que toutes les fibres sensitives de la moelle dégénèrent de bas en haut, tandis que les fibres motrices dégénèrent de haut en bas.

6° Il est élémentaire, étant connu l'entre-croisement des faisceaux pyramidaux, de comprendre le croisement des lésions des hémisphères cérébraux et des symptômes de paralysie, d'un côté du corps (hémiplégie de la sensibilité et du mouvement). De même, toute lésion de la moelle, section par instruments, compression par une tumeur ou fragments osseux, doit produire une paralysie plus ou moins complète de la sensibilité et du mouvement au-dessous de la lésion (paraplégie).

c. *Commissures de la moelle.*

Les commissures, de *commissura*, jointure, unissent les diverses parties des centres nerveux. Il y en a un certain nombre dans l'encéphale. Il en existe deux dans la moelle épinière, qui séparent le sillon médian antérieur du sillon médian postérieur.

Commissure blanche. — La commissure *blanche* est située en avant de la *grise ;* elle est en rapport en arrière avec la commissure grise et le canal de l'épendyme ; sa face antérieure répond au fond du sillon médian antérieur et aux deux faisceaux pyramidaux du cordon antérieur, ou faisceaux de Türck.

La commissure blanche se confond de chaque côté avec les cordons antérieurs. Elle existe dans toute l'étendue de la moelle épinière, depuis l'entre-croisement des pyramides du bulbe.

Elle est formée par des fibres transversales et obliques. Les principales sont les cylindraxes étendus des cellules de la corne antérieure d'un côté à celles du côté opposé. Ils sont entourés de myéline. Le faisceau pyramidal du cordon antérieur forme la plus grande partie de la commissure par l'entrecroisement de ses fibres.

La commissure blanche est traversée d'arrière en avant par le cône antérieur des cellules épendymaires que j'ai décrit avec la névroglie. On y trouve aussi des prolongements transversaux, prolongements protoplasmiques des cellules radiculaires, et des prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses qui se rendent dans les cordons du côté opposé.

Commissure grise. — Plus épaisse que la commissure blanche, la commissure grise est divisée en deux parties par le canal de l'épendyme : la partie située en avant du canal est la *commissure grise antérieure*, l'autre la *commissure grise postérieure.*

Ces deux commissures sont formées par les éléments de la substance grise. Elles contiennent peu de cellules nerveuses, mais un grand nombre de prolongements de cellules qui mettent en relation les cellules nerveuses des deux côtés de la substance grise. Autour du canal, on constate les cellules de l'épithélium épendymaire et des éléments de névroglie. Sur la ligne médiane, en avant et en arrière, existent les deux faisceaux, ou cônes, de prolongements des cellules épendymaires qui se dirigent vers les sillons médians antérieur et postérieur.

d. *Canal central de la moelle. Épendyme.*

La moelle présente, dans toute sa longueur, un canal mince qui s'étend de la partie inférieure du plancher du quatrième ventricule jusqu'à la partie inférieure du cône terminal. Il est un peu



Fig. 413. — Schéma des centres nerveux de l'embryon. Coupe longitudinale et médiane de l'encéphale d'un embryon de lapin d'environ neuf jours (d'après Prenant).

1, vésicule cérébrale antérieure. — 3, vésicule cérébrale postérieure. — 4, courbure du vertex formée par la vésicule cérébrale moyenne. — 5, courbure de la nuque. — 6, arrière-cerveau, ou moelle allongée, dont le canal se continue avec le canal de la moelle. — 7, vésicule cérébrale moyenne. — 7 (en bas), corde dorsale. — 8, intestin antérieur. — 9, membrane pharyngienne. — 10, neuropore antérieur.

plus large dans le cône terminal, où on lui donne le nom de *ventricule terminal*, depuis Krause, 1815. Ce ventricule a un centimètre de longueur et un millimètre et demi de largeur ; il se

continue en pointe à ses deux extrémités avec le canal de la moelle. Vers l'âge de quarante ans, il commence à s'oblitérer.

Le canal de la moelle n'est autre chose que le canal de l'*épendyme* de l'embryon. Les cellules primitives, issues de l'ectoderme, se continuent sur toute la longueur du canal médullaire et dans la cavité des vésicules cérébrales qui donneront naissance plus tard aux ventricules du cerveau.

Lorsque les centres nerveux sont développés, on constate que la cavité de l'épendyme et des ventricules cérébraux est remplie de liquide céphalo-rachidien, communiquant, au niveau du quatrième ventricule, avec celui qui entoure les centres nerveux. Mais après la naissance, la portion médullaire se rétrécit, l'épithélium s'altère, de sorte qu'on n'en trouve plus que les débris chez l'adulte. Il est même fréquent de constater chez l'adulte des oblitérations partielles de ce canal [1].

e. *Vaisseaux de la moelle.*

La moelle possède trois *artères spinales* principales et un grand nombre de spinales de renforcement, qui serpentent en formant un réseau autour de cet organe.

Les trois *artères spinales principales* sont fournies par les vertébrales.

La *spinale antérieure* prend son origine par deux rameaux sur les vertébrales, à quelques millimètres en arrière de l'origine du tronc basilaire. Ces deux rameaux s'anastomosent au-devant du bulbe et forment un tronc très mince qui descend verticalement, en avant du sillon médian antérieur, jusqu'à l'extrémité inférieure du ligament coccygien.

Les *spinales postérieures* viennent de la vertébrale ou des cérébelleuses. Elles descendent, en serpentant, en arrière du cordon postérieur, jusqu'à la partie inférieure du ligament coccygien. A une petite distance de leur origine, ces artères donnent une petite branche, très longue également, qui descend le long de la moelle, entre les racines postérieures des nerfs rachidiens et la partie postérieure du cordon latéral. Cette branche s'anastomose fréquemment avec le tronc principal entre les racines postérieures et antérieures des nerfs rachidiens.

Les *artères spinales de renforcement* sont des artères qui abordent la moelle de dehors en dedans, à travers les trous de conju-

[1] Le canal de la moelle était connu depuis longtemps, car *Charles Estienne* a décrit dans la moelle, en 1545, un canal qui communique, dit-il, avec le 4e ventricule, et contient un liquide comparable à celui des ventricules cérébraux.

gaison, et qui s'anastomosent avec les artères spinales principales, pour lesquelles elles représentent de véritables affluents.

Ces artères sont fournies, au cou, par les *vertébrales* et les *cervicales ascendantes*, au dos, par les *intercostales*, et aux lombes, par les *lombaires*. Toutes ces artères de renforcement, cervicales, dorsales et lombaires, arrivent aux faces latérales de la moelle et se divisent en rameaux antérieurs et postérieurs qui s'anastomosent avec les artères spinales principales.

Du réseau artériel qui entoure la moelle, les artères pénètrent dans l'épaisseur de cet organe, les unes en suivant les sillons médians, d'autres en suivant les racines des nerfs, les autres irrégulièrement dans les cloisons de la névroglie. Les premières, *artères médianes* de Duret, se rendent aux commissures et à la face interne des cordons qui limitent les sillons. Les secondes, *artères radiculaires* de Duret, pénètrent dans la substance grise avec les racines nerveuses ; les radiculaires antérieures dans la corne antérieure, les radiculaires postérieures dans la corne postérieure. Les dernières, *artères périphériques*, pénètrent par tous les points de la moelle. Les plus nombreuses s'observent dans le cordon latéral, et on en trouve, en arrière, deux d'un volume assez considérable dans le sillon qui sépare le faisceau de Goll du faisceau de Burdach.

Toutes ces branches *collatérales*, pénétrant dans la moelle, formant les *artères terminales*, qui ne s'anastomosent pas entre elles. Chacune d'elles nourrit un département limité de la moelle, de sorte que l'oblitération d'une des artères a pour conséquence la mort de la région alimentée. Les *artères terminales* les plus volumineuses se rencontrent dans le sillon médian antérieur, où elles se divisent pour se rendre dans la corne antérieure, *artères centrales* de la moelle, en envoyant une petite branche à la colonne de Clarke. Selon Kadyi, il y a 200 artères centrales ou terminales sur la longueur de la moelle.

Le *réseau capillaire* est formé par la réunion des artères centrales, des branches des trois spinales et des artères périphériques. Il pénètre dans l'épaisseur des cordons auxquels il abandonne quelques vaisseaux capillaires et il se porte à la substance grise. Il est beaucoup plus serré dans la substance grise. Il offre des mailles très fines et polygonales dans la corne antérieure, fines et allongées d'avant en arrière dans la corne postérieure. Au niveau des cordons de la moelle, des racines des nerfs et de la commissure blanche, les mailles du réseau capillaire sont allongées dans le sens des fibres, verticalement par conséquent dans les cordons, obliquement au niveau des racines nerveuses et transversalement dans la commissure antérieure.

Les *veines* qui font suite au réseau capillaire accompagnent les artères. Les veines intra-médullaires sortent par le sillon médian antérieur avec les branches de l'artère spinale antérieure. Ces veines se réunissent aux autres veines médullaires pour former un *plexus veineux extra-médullaire* entourant complètement la moelle. Deux veines de ce plexus sont plus volumineuses, la *veine médiane antérieure* et la *veine médiane postérieure* qui parcourent les faces antérieure et postérieure de la moelle.



Fig. 414. — Espaces lymphatiques et gaines lymphatiques de la surface de l'encéphale de l'homme, d'après His.

1, gaine lymphatique autour d'une artériole. — 2, 2, espace lymphatique épicérébral entre l'encéphale et la pie-mère. — 3, 3, espaces arachnoïdiens. — 4, arachnoïde. — 5, pie-mère.

De chaque côté, il se détache autant de veines collatérales qu'il y a de nerfs rachidiens. Ces *veines radiculaires* vont se jeter dans les plexus veineux intra-rachidien et extra-rachidien. Toutes ces veines sont dépourvues de valvules.

Les *vaisseaux lymphatiques* des centres nerveux ne sont pas connus. Cependant, Robin a décrit des gaines vasculaires qui entourent les capillaires de l'encéphale, de la moelle et de la pie-mère. La membrane qui forme ces gaines est transparente ; elle est séparée du vaisseau qu'elle entoure par une couche de liquide, dans laquelle on trouve des corpuscules analogues aux cellules lymphatiques. Les capillaires des centres nerveux ne seraient donc pas en contact direct avec les éléments nerveux.

His a décrit de nouveau ces gaines sous le nom de *canaux périvasculaires*. A la surface du cerveau, ces canaux s'élargissent autour des vaisseaux qui partent de la pie-mère, et constituent des espaces assez considérables ; c'est à leur ensemble que le même auteur donne le nom d'*espace épicérébral*. Selon His, les canaux périvasculaires n'ont pas de paroi propre, et sur quelques larges espaces de la surface de la moelle, cet auteur a pu constater l'existence d'un endothélium.

His considère les espaces de ces gaines comme une dépendance du système lymphatique ; les vaisseaux lymphatiques, qui descendent de la pie-mère et qui sortent par la base du crâne, peuvent être injectés, selon cét auteur, lorsqu'on pousse l'injection dans un canal périvasculaire.

Développement de la moelle épinière.

Canal neural. — Nous savons que l'axe cérébro-spinal est formé, au début, par la *gouttière neurale*, dépression longitudinale, invagination de l'ectoderme primitif de l'embryon. Nous savons également que, par suite de la soudure des bords de la gouttière, la gouttière neurale s'est transformée en *canal neural.* Puis, très rapidement, l'extrémité antérieure de ce canal se boursouffle et produit les trois *vésicules cérébrales primitives*, d'où naîtra l'encéphale. La partie postérieure du canal neural reste à l'état de tube et donnera naissance à la moelle épinière.

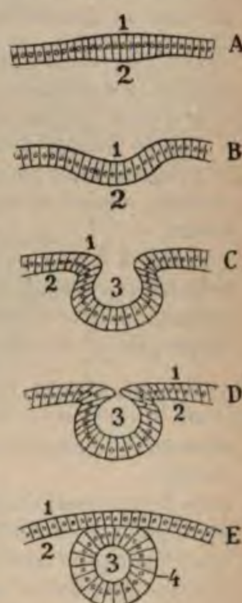


Fig. 415. — Développement du canal neural.

A. épaississement de l'ectoderme. — B, formation de la gouttière neurale. — C. la gouttière est formée. — 1, lames ou crêtes médullaires. — 3. gouttière neurale. — D, les lames ou crêtes médullaires se rapprochent pour se souder. — E, la soudure a eu lieu et le canal neural, 3, complètement formé, se sépare de l'ectoderme 1, 2.

Cellules neuro-épithéliales. — Les cellules épithéliales, qui forment la paroi du tube neural, sont dites *neuro-épithéliales*, parce que les éléments nerveux de la moelle naîtront de cet épithélium primitif.

Lame vitrée. — Ces cellules épithéliales sécrètent sur leur face externe une mince membrane, dite *lame vitrée*, *membrane limitante externe*, *membrana prima* de Hensen. A la face interne de toutes ces cellules, par conséquent du côté de la cavité du tube neural, il se forme un *plateau* très mince, à l'extrémité même des cellules. On donne à l'ensemble des plateaux le nom de *membrane limitante interne.*

Cellules épendymaires. — Ces cellules prolifèrent activement. Celles qui forment la couche interne porteront le nom de *cellules épendymaires* et leur ensemble sera l'*épendyme* (voy. *Névroglie,* p. 401).

Cellules germinatives. — Entre les cellules épendymaires, se développent des cellules arrondies, ce sont les *cellules germinatives* de His. Ces cellules se multiplient si rapidement qu'elles forment plusieurs couches, comme stratifiées. Elles possèdent toujours le type épithélial. His les divise en trois zones concentriques qui sont de dedans en dehors : la *zone des*

colonnes, la *zone des noyaux* et le *voile marginal*. Ce dernier, situé au-dessous de la *membrana prima* de Hensen, prend un grand développement et donnera naissance à la névroglie de la substance blanche de la moelle.

Ce sont les cellules profondes, *de transition*, qui se transformeront en *neuroblastes*.

Cellules de transition. — Avant de passer à l'état de neuroblastes, les cellules germinatives présentent un prolongement qui leur donne l'apparence d'une *massue*.

Dès le début, dès qu'elles ont pris la signification de cellules nerveuses, elles présentent la réaction ordinaire des cellules nerveuses, vis-à-vis du bleu de méthylène injecté dans les vaisseaux.

Il est à noter que la structure fibrillaire du protoplasma des cellules nerveuses ne se montre qu'après le huitième mois. A la naissance, les cellules ne contiennent pas encore de pigment (voy. *Névroglie*, p. 401 et *Développement des centres nerveux*, p. 692).

Spongioblastes. — Les cellules de la couche interne prendront deux directions : *les cellules épithéliales se transformeront en spongioblastes* et *les cellules germinatives produiront des neuroblastes*.

a. Les *spongioblastes* affectent une disposition rayonnée ; leur protoplasma s'effile en formant deux prolongements extrêmes, central et périphérique, et d'autres prolongements qui se portent vers les spongioblastes voisins.

L'ensemble des prolongements centraux, ou internes, constitue la *zone des colonnes* de His. Ils donnent quelques branches collatérales et atteignent la membrane limitante externe qu'ils concourent à former par leurs irradiations.

Chaîne de prolifération. — Les spongioblastes, plus excentriques, émettent également un prolongement central ou interne, qui côtoie les spongioblastes plus centraux, et ainsi de suite, de manière qu'on peut rencontrer un certain nombre de spongioblastes formant une série rayonnée, à laquelle on donne le nom de *chaîne de prolifération*.

b. *Neuroblastes*. — Les *cellules germinatives* émigrent vers les couches moyennes de la paroi du tube médullaire, de sorte que les neuroblastes naissent dans la couche interne du canal médullaire, aux dépens des cellules germinatives, et se portent ensuite dans des couches plus externes.

Pendant l'émigration des neuroblastes, les spongioblastes les plus internes viennent se ranger au-dessous de la membrane limi-

tante interne et constituent une couche qui sera le canal de l'épendyme.

Bâtonnet. — A la fin du premier mois, il se développe sur la surface libre de chacune des cellules épendymaires un petit bâtonnet unique, qu'on a pris à tort pour un cil vibratile.

Myélospongium. — Le *voile marginal* est formé par les prolongements externes des spongioblastes, qui se ramifient et s'anastomosent en réseau au-dessous de la membrane limitante externe. Ce réseau, qui doit former la névroglie, a reçu de His le nom de *myélospongium.*



Fig. 416. — Coupe d'une partie du canal neural au début de sa formation (d'après His).

On y voit les cellules épendymaires, la limitante interne, la limitante externe et trois cellules germinatives, en karyokinèse, contre la limitante interne.

Cône de croissance. — Puis on voit se développer sur les neuroblastes un prolongement qui n'est autre que le cylindraxe de la cellule nerveuse. Cajal a montré que chaque cylindraxe se termine par un renflement, *cône de croissance*, qui s'étend de plus en plus.

Plancher et voûte de la moelle. — Si on examine un embryon à la quatrième semaine, on distingue déjà la substance grise embryonnaire, formée surtout de spongioblastes dans les couches internes, et de neuroblastes dans les couches externes. Dans le *plancher* et dans la *voûte* de la moelle, c'est-à-dire sur ses *parois antérieure* et *postérieure*, il n'y a pas de neuroblastes ; ceux-ci se trouvent sur les parois latérales, beaucoup plus épaisses du reste.

On voit se dessiner, de chaque côté, la corne antérieure et la corne postérieure. Les neuroblastes de la corne antérieure envoient tout d'abord leur cylindraxe vers la partie antérieure de la moelle, puis ceux de la corne postérieure envoient leur cylindraxe vers la partie antérieure de la moelle.

Rami communicantes. — Les diverses parties de la substance grise se dessinent de plus en plus, et on constate que les filaments issus de la corne latérale viennent des nerfs sympathiques, dont ils forment les *rami communicantes.*

Myélinisation. — Jusqu'au milieu de la grossesse, très exactement à quatre mois et demi, les fibres des centres nerveux sont

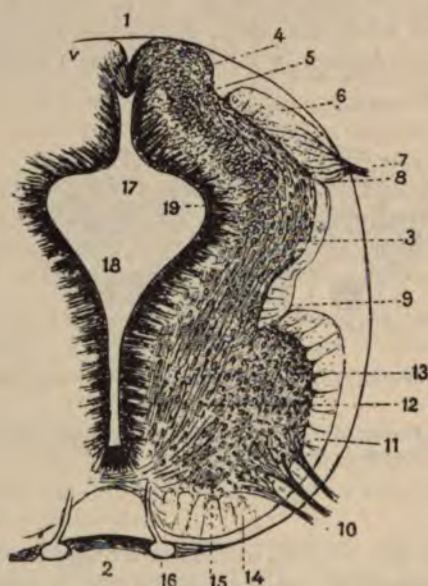


Fig. 417. — Coupe transversale de la moelle d'un embryon humain à la fin du premier mois (partie supérieure de la région dorsale, douze millimètres et demi de longueur, d'après His).

1, voûte. — 2, plancher. — 3, pièce intermédiaire. — 4, lame grise externe. — 5, lame grise interne. — 6, faisceau radiculaire postérieur. — 7, racines postérieures des nerfs rachidiens. — 8, sillon marginal. — 9, sillon cylindrique. — 10, racines antérieures. — 11, cordon antéro-latéral. — 12, formation arquée. — 13, corne latérale. — 24, cordon antérieur. — 15, corne antérieure. — 16, artère spinale antérieure. — 17, 18, canal de l'épendyme. — 19, lame épendymaire.

toutes dépourvues de myéline. La myéline ne se montre que dans la seconde moitié du cinquième mois.

La myélinisation commence par la moelle, puis elle se montre dans le bulbe, la protubérance, le cervelet, les pédoncules cérébraux et enfin dans les hémisphères cérébraux.

A la naissance, la substance blanche est complètement développée dans la moelle *à l'exception des faisceaux pyramidaux.*

Dans l'encéphale, les fibres sont dépourvues de myéline, excepté dans la capsule interne, la capsule externe et les lames blanches du noyau lenticulaire (Flechsig, 1876).

Il semblerait, d'après les recherches de Flechsig, qu'une fibre nerveuse à myéline ne doit remplir ses fonctions qu'autant qu'elle a sa gaine de myéline. Or, une semblable affirmation est exagérée, étant donnée l'importance du cylindraxe et le fonctionnement des fibres du grand sympathiques, dépourvues de myéline.

D'après les idées du même savant, la moelle, prenant la première sa constitution anatomique définitive, doit la première exercer ses fonctions physiologiques. Or, ne jouissant que de mouvements automatiques et réflexes, les premiers mouvements fœtaux ne peuvent être que réflexes et automatiques.

De plus, la myéline apparait tout d'abord dans les fibres radiculaires des nerfs rachidiens, situés au centre de la moelle, vers le milieu du cinquième mois; ces fibres doivent produire les mouvements réflexes les plus simples, de fibre sensitive à cellule médullaire et de cellule à fibre motrice, la communication ne pouvant se faire au cerveau, selon Flechsig, parce que celui-ci est encore dépourvu de myéline.

Développement du faisceau pyramidal. — Dans le cours du développement, les cylindraxes des cellules pyramidales de la zone motrice de Charcot descendent vers la région du bulbe, mais elles n'atteignent la moelle épinière que dans le cours du huitième mois de la vie intra-utérine. Il faut donc, pour les observer, prendre des fœtus âgés de huit mois au moins. En examinant des fœtus moins âgés, Lenhossek a nié, à tort, l'entre-croisement du faisceau pyramidal du cordon antérieur, dans la commissure blanche (1).

Fonctions de la moelle.

La question de la *physiologie de la moelle* est une question complexe, dont l'étude complète nous entraînerait bien loin. J'en dirai seulement quelques mots.

La moelle, au point de vue fonctionnel, représente un gros nerf mixte *excitable;* elle conduit les *impressions sensitives* à la

(1) *Remarque importante.* — Bechterew a constaté que le faisceau pyramidal est complètement développé à la naissance, chez tous les animaux qui courent librement aussitôt après leur naissance pour chercher leur nourriture. Il semblerait d'après ce fait, qu'une fibre nerveuse ne peut accomplir sa fonction qu'autant qu'elle est passée de l'état de fibre amyélinique à celui de fibre à myéline ?

manière d'un nerf sensitif et les *incitations des mouvements volontaires* comme un nerf moteur. Elle possède une autre propriété : elle représente un *centre nerveux spécial*, pouvant agir sans le secours de l'encéphale.

1° De l'excitabilité de la moelle. — Les cordons de la moelle *sont excitables* comme les nerfs, mais la substance grise ne l'est pas directement.

a. La *substance grise est inexcitable* directement, comme la substance grise des autres parties des centres nerveux.

b. Les *cordons sont tous excitables*.

2° De la moelle comme conducteur des impressions sensitives. — La moelle étant complètement divisée en travers, l'animal est absolument insensible aux excitations des parties animées par les nerfs qui naissent de la moelle au-dessous de la division. La moelle est donc un organe conducteur des impressions sensitives.

A. *Quelles sont les parties de la moelle qui conduisent ces impressions?* Ce sont : 1° la substance grise ; 2° les cordons postérieurs et la surface des cordons latéraux (faisceaux de Gowers et cérébelleux direct).

a. La substance grise de la moelle est le principal conducteur de la sensibilité. — Après la division des cordons postérieurs, antérieurs et latéraux, la substance grise restant intacte dans une partie de son épaisseur, on peut constater que la sensibilité est conservée dans les parties situées au-dessous de la division.

La substance grise de la moelle est le principal conducteur de la sensibilité, car les fibres des cordons postérieurs et les fibres ascendantes des cordons latéraux sont, pour la plupart, des fibres mettant en communication deux régions différentes de la substance grise (neurones courts profondément, et neurones longs superficiellement). Il résulte de cette disposition que toute excitation de ces fibres, pour arriver au cerveau, traverse la substance grise de la moelle.

Faites une hémisection de la moelle, l'animal conservera la sensibilité au-dessous et des deux côtés. Faites une hémisection à droite et plus haut, une autre à gauche, de manière à dépasser chaque fois les sillons médians, vous êtes certains d'avoir divisé toute la substance grise à deux hauteurs différentes ; cependant l'animal conserve la sensibilité. Il en sera de même si vous divisez longitudinalement la moelle dans une certaine étendue sur la ligne médiane.

Les cordons postérieurs conduisent également les impressions sensitives, car si vous mettez à nu la face postérieure de la moelle sur un animal, l'excitation mécanique des cordons postérieurs provoque de la douleur (se manifestant par des cris et des mouvements réflexes énergiques). Ces cordons sont donc sensibles et excito-moteurs.



Fig. 418. — La moelle est divisée dans toutes ses parties, excepté dans le cordon postérieur et dans la substance grise ; la sensibilité est transmise des membres inférieurs à l'encéphale.



Fig. 419. — Deux hémisections de la moelle faites à des hauteurs différentes. Les fibres nerveuses sont complètement interrompues, mais la substance grise est en continuité.

La *partie superficielle des cordons latéraux*, formant le faisceau cérébelleux direct et le faisceau de Gowers, est également conductrice de la sensibilité.



Fig. 420. — Section de la moitié postérieure de la moelle ; la sensibilité est encore transmise des membres inférieurs à l'encéphale.



Fig. 421. — Les cordons postérieurs sont seuls divisés ; la sensibilité est encore transmise à l'encéphale par la substance grise.

b. Diverses sortes de sensibilité.—Il faut distinguer les *diverses espèces de sensibilité*. Si l'expérimentation éprouve des difficultés pour leur distinction, l'anatomie pathologique est d'un grand secours. Il existe une maladie signalée pour la première fois par Ollivier (d'Angers) sous le nom de *syringomyélie* (de *syrinx* σύριγξ, canal, et *muelos*, μυελός, moelle, c'est-à-dire moelle creuse) dans laquelle il se forme au centre de la moelle, une ou plusieurs cavités qui détruisent la substance grise !

Chez ces malades la sensibilité thermique (de *termos* θερμος chaleur, calorique) et la sensibilité algique (de *algos* αλγος dou-

leur) sont abolies et la sensibilité tactile est conservée. Ils sentent le sol sur lequel ils marchent, mais d'une piqûre ils ne perçoivent que le contact. Ils ne sentent pas les brûlures qu'ils se font. Ils ont donc *perdu la sensibilité à la température* et à la *douleur* mais ils ont *conservé celle de contact.*

Comme la plupart des fibres nerveuses des cordons postérieurs sont une continuation directe des racines postérieures des nerfs rachidiens n'ayant dans cette maladie aucune relation avec la substance grise de la moelle (puisqu'elle est détruite), on est bien forcé de dire que *les cordons postérieurs constituent la voie de la sensibilité tactile.*

Ne perdons pas de vue que la plupart des fibres des cordons postérieurs, continuation des racines postérieures des nerfs rachidiens, se terminent par des arborisations s'articulant avec les cellules des *noyaux de Goll et de Burdach* dans le bulbe rachidien. Ces cellules envoient leurs cylindraxes vers les couches optiques et l'écorce cérébrale, après leur entre-croisement dans le bulbe. Ces cylindraxes constituent les fibres du ruban de Reil.

Du siège des conducteurs de la sensibilité tactile, on doit conclure que la sensibilité thermique et la sensibilité algique ont pour conducteurs d'autres fibres ascendantes. Il est possible que *ces conducteurs soient les fibres ascendantes ou sensitives du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral* et spécialement *les fibres du faisceau de Gowers.*

On peut dire, en résumé, ayant égard aux expériences de Vulpian, que les voies de la sensibilité tactile sont les cordons postérieurs, tandis que la substance grise et les fibres sensitives du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral conduisent les autres espèces de sensibilité.

3° De la moelle comme conducteur des incitations du mouvement volontaire. — Lorsqu'on coupe la moelle, l'animal, pris de paralysie, ne peut exécuter aucun mouvement volontaire dans les muscles situés au-dessous de la section. Donc la moelle transmet les ordres du cerveau aux muscles, par les racines antérieures des nerfs rachidiens.

Les parties de la moelle qui jouent le rôle de conducteurs des mouvements volontaires sont : 1° le *faisceau pyramidal du cordon antérieur* ou direct (faisceau de Türck) ; 2° le *faisceau pyramidal du cordon latéral* (faisceau croisé), et une partie du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral.

Excités mécaniquement, ces cordons ne sont le siège d'aucune sensibilité, mais on observe la contraction des muscles situés au-dessous du point excité.

6° De la moelle comme centre nerveux. — La moelle préside à un grand nombre de *mouvements réflexes*.

Les mouvements volontaires exigent l'intégrité du cerveau. Mais il existe une autre catégorie de mouvements, à la production desquels la volonté ne participe nullement. Ces mouvements involontaires sont appelés *mouvements réflexes*. Les réflexes types sont ceux qu'on provoque dans les membres des animaux décapités.

Mouvements réflexes types. — Excitez par le contact, la pression ou l'électricité, l'extrémité du membre d'une grenouille ou de tout autre animal, ou d'un homme décapité, vous verrez se produire dans ce même membre un mouvement proportionné au degré de l'excitation. Si l'excitation est plus forte, les mouvements se manifestent dans les deux membres symétriques. Si elle est énergique, les quatre membres seront mis en mouvement. L'animal ayant été privé de cerveau, il faut bien admettre que la *moelle est le centre* de la production de ces mouvements. (Voy. *Neurones*.)



Fig. 422. — Schéma indiquant les différentes voies par lesquelles peuvent se produire des contractions musculaires sous l'influence de l'influx nerveux (d'après Van Gehuchten).

1, fibres volontaires motrices du faisceau pyramidal déterminant les *contractions volontaires* par les articulations 5, des neurones moteurs centraux, 3, avec les neurones moteurs périphériques qui sortent de la moelle à gauche. Si le courant nerveux va du nerf sensitif 4 au nerf moteur 5, pour produire une contraction, c'est un *mouvement réflexe*.

A propos des réflexes. — Dans une conférence à Boston, dit le *Medical Press and circular*, Brown-Séquard a rapporté qu'il résulte de beaucoup de faits que les phénomènes morbides de la respiration peuvent toujours être arrêtés par une compression. La toux, par exemple, peut être arrêtée par la compression des nerfs de la lèvre près du nez. Une pression exercée sur ce point arrête une toux qui commence. On sait généralement que l'éternument peut être arrêté de cette manière; mais ce qui est nouveau pour beaucoup de monde, c'est qu'on puisse arrêter de même la toux. Brown-Séquard, dont l'autorité

(1) Autrefois, j'indiquais dans mes cours aux commençants un *moyen mnémonique* pour se souvenir que toutes les parties antérieures de la moelle sont motrices et les postérieures sensitives et je leur disais : *en avant, marche.*

scientifique est universellement reconnue, l'affirme. Il a ajouté qu'une pression, près et en face de l'oreille arrête de même la toux. On arrête aussi par le même moyen le hoquet, mais moins sûrement que l'éternûment et la toux. On suspend encore la toux en pressant très fortement dans l'intérieur de la bouche, au sommet du palais. Pour montrer que la volonté exerce aussi une très grande influence, Brown-Séquard a rappelé ce mot d'une garde-malade française : « le premier malade qui toussera sera mis à la diète. » Il était rare qu'un malade toussât après cet avertissement.

De l'intensité de l'excitabilité réflexe de la moelle. — Certaines causes augmentent l'excitabilité réflexe de la moelle, d'autres la diminuent. Parmi celles qui en déterminent l'augmentation, je vous citerai la *section même de la moelle*; le fait même de la section de cet organe suffit pour augmenter son pouvoir excito-moteur au-dessous de la section (expérience de Brown-Séquard sur des grenouilles pouvant soulever par action réflexe des poids deux ou trois fois plus lourds qu'avant la section de la moelle).

Il en est de même chez l'homme atteint de lésion de la moelle, dans le cas de fracture de la colonne vertébrale, ou dans le cas de blessure par instruments piquants.

Des poisons, comme la *strychnine*, augmentent considérablement l'excitabilité réflexe de la moelle.

Les *excitations prolongées du système nerveux* central et des racines nerveuses des nerfs rachidiens *diminuent* ou font disparaître momentanément l'excitabilité réflexe de la moelle. Il en est de même, dans quelques cas, des commotions violentes, des chocs sur la tête ou sur la colonne vertébrale.

Les anesthésiques produisent l'abolition momentanée des mouvements réflexes médullaires, etc., etc.

Action réflexe permanente de la moelle. — La *tonicité musculaire* est sous la dépendance de la moelle. Les muscles non contractés sont constamment dans un état de demi-tension comme des ressorts tendus, ce qui fait que leur section, sur le vivant, est suivie d'un retrait considérable des deux bouts du muscle. Cette demi-tension, qui n'est pas la contraction, est nommée *tonus musculaire, tonicité.*

Voici la preuve que la tonicité musculaire réside dans la moelle : coupez un nerf moteur; la force tonique disparaîtra dans les muscles correspondants. Enlevez un tronçon de la moelle, la tonicité disparaîtra dans les muscles qui reçoivent leurs nerfs de cette portion de la moelle. Enlevez la moelle entière, la tonicité dispa-

raîtra dans tous les muscles du tronc et des membres. Donc, on peut conclure que la propriété des muscles, dite tonicité musculaire, est une dépendance de la substance grise.

Les centres.

Le mot *centre* a déjà été prononcé plusieurs fois et nous avons vu en particulier les *centres trophiques* des fibres nerveuses. Mais par centre, au point de vue physiologique, on entend un groupe de cellules nerveuses de l'axe cérébro-spinal, ayant entre elles des rapports déterminés, en vertu desquels elles président à certains mouvements réflexes. Le noyau d'origine d'un nerf est un *centre*. Deux exemples aideront à comprendre cette définition.

Centre cardiaque. — Cl. Bernard a défini dans la moelle un *centre cardiaque*. On sait que le grand sympathique a pour fonction d'accélérer les mouvements du cœur, *nerf accélérateur du cœur*. Mais ses rameaux nerveux sont tellement confondus avec d'autres nerfs dans le plexus cardiaque, que l'anatomie est impuissante à suivre les filets nerveux du grand sympathique. Or Cl. Bernard a démontré qu'en excitant la moelle à la partie inférieure de la région cervicale et à la partie moyenne de la région dorsale, on accélère les battements du cœur ce qui n'a pas lieu quand on excite les autres régions de la moelle. On doit donc admettre que les filets sympathiques accélérateurs du cœur proviennent de cette région de la moelle, avec les racines du ganglion cervical inférieur du grand sympathique, car les filets cardiaques principaux naissent de ce ganglion. On appelle ce point spécial *centre cardiaque*.

Centre cilio-spinal. — Le *centre cilio-spinal* siège dans la moelle épinière depuis la sixième vertèbre cervicale jusqu'à la deuxième dorsale. En excitant cette région on provoque la dilatation de l'iris. Il est connu que le grand sympathique préside à cette dilatation. Au moyen de la méthode qui porte son nom (dégénération des nerfs sectionnés) Waller avait pu suivre les filets du sympathique allant à l'iris jusqu'à la partie inférieure de la région cervicale. C'est Chauveau qui démontra le point d'origine de ce nerf dans la moelle par l'excitation de la région de la moelle que j'ai indiquée. Tel est le *centre cilio-spinal*.

L'axe cérébro-spinal contient une grande quantité de centres.

Centres vésico-spinal et génito-spinal. — C'est de la même manière qu'on pourrait démontrer les *centres vésico-spinal* de Giannuzzi, et *génito-spinal* de Budge.

Le premier siège, dans la moelle du chien, entre la troisième et la cinquième vertèbre lombaire. Il préside à la contraction de la vessie. La moelle étant coupée à la partie inférieure de la région dorsale, si on chatouille le gland ou le pourtour de l'anus, la vessie se contracte et se vide.

Quant au *centre génito-spinal*, il est situé au niveau de la quatrième lombaire chez le chien, et de la quatrième dorsale probablement chez l'homme. La moelle étant coupée, le chatouillement du pénis produit, chez le chien, l'érection et les mouvements rhythmiques du bassin.

Centre respiratoire. — Il est situé dans le bulbe rachidien. Si la section, ou la forte compression du bulbe, arrête subitement la respiration et produit la mort, c'est par la lésion du noyau d'origine du nerf pneumogastrique. C'est là que Flourens et Legallois avaient placé le nœud vital, à une époque ou l'on ne savait rien des noyaux d'origine des nerfs craniens.

Centres sécrétoires. — Ces centres siègent sur le plancher du quatrième ventricule, ainsi que l'a montré Cl. Bernard : 1° Si on pique ce plancher, sur un lapin, au niveau de l'origine du pneumogastrique, mais plutôt entre le pneumogastrique et le tubercule de Wenzel, on produit un *diabète artificiel* et temporaire ; 2° si on pique le même point un peu plus haut, on obtient l'*albuminurie*; 3° si c'est un peu plus bas, on a la *polyurie*; 4° la piqûre du plancher du quatrième ventricule, sur une ligne transversale unissant les deux angles latéraux, produit une exagération de la *sécrétion salivaire*.

Il est probable que chaque fonction, si petite qu'elle soit, a son *centre*. Chaque neurone simple, neurone sensitif et neurone moteur correspondants, c'est-à-dire racines sensitives et racines motrices d'un même nerf, a son *centre réflexe* dans le point spécial de la moelle qui correspond à l'articulation de ces deux neurones, de sorte que la substance grise de la moelle serait formée par la superposition les *centres* de tous les neurones simples.

Centres du mouvement des membres chez la grenouille. — 1° Lorsqu'on irrite une partie comprise entre la première et la quatrième ou cinquième vertèbre cervicale, on produit des mouvements de flexion des membres postérieurs.

2° L'excitation de la moelle, à partir de la quatrième ou de la cinquième vertèbre cervicale, jusqu'à son extrémité inférieure, produit l'extension des membres postérieurs.

3° En irritant la partie comprise entre la deuxième et la tro-

sième vertèbre cervicale, on détermine l'adduction des membres antérieurs.

4° Le reste de la moelle, lorsqu'on l'irrite, donne un écartement des membres antérieurs. (Cl. Bernard. *Phys. du syst. nerv.*, t. I, p. 388).

Lésions vitales de la moelle épinière (1).

Étant donné que les fibres et les cellules nerveuses de la moelle tiennent sous leurs dépendances la sensibilité et le mouvement, on conçoit que toutes les affections de la moelle doivent se traduire par des troubles de la sensibilité et du mouvement, le plus souvent par des *paralysies*.

Toutes les maladies de la moelle, soit dit sans exagération, à l'exception des lésions accidentelles produites par des chutes, par des instruments piquants, tranchants, ou contondants, ou par des déchirures des fibres nerveuses, comme dans les hémorragies cérébrales, sont des *myélites*, des processus irritatifs des éléments de la moelle.

Les myélites sont *aiguës* ou *chroniques*. Ces dernières sont beaucoup plus fréquentes.

Chaque fibre nerveuse motrice correspond à un tronçon infiniment petit de la corne antérieure de la substance grise. Mais les tronçons de toutes les fibres sont superposés et forment une colonne grise d'une extrémité à l'autre de la moelle. Cette colonne, avec les racines motrices des nerfs rachidiens qui en dépendent, constitue le *système spinal antérieur*, comme la réunion des racines postérieures et du cordon postérieur de la moelle forme le *système spinal postérieur*. Ces expressions donnent à entendre qu'il y a une corrélation entre tous les éléments de chaque système, une sorte de cohésion physiologique.

Il est fréquent de voir le processus irritatif de la moelle frapper, non pas une région, une partie d'un système anatomique, mais le système tout entier. On donne à ces maladies le nom de *systématiques*. Telles sont la *myélite aiguë infantile* (polyomyélite infantile) et l'*atrophie musculaire progressive* qui s'attaquent au système spinal antérieur, et l'*ataxie locomotrice progressive* dans laquelle le système spinal postérieur est affecté.

1° Myélites aiguës. — Elles sont infectieuses ou toxiques. Les myélites infectieuses sont produites par des agents pathogènes qui

(1) J'ajoute ici un résumé des myélites parce que leur étude est généralement négligée par les élèves et parce qu'on les comprend mieux après avoir étudié la structure de la moelle.

circulent dans le sang des malades atteints de maladies infectieuses (diphtérie, syphilis, grippe, choléra, tuberculose, etc.), ou par l'ingestion de substances toxiques (arsenic, plomb, ergot de seigle, etc.). On peut reproduire ces myélites par l'expérimentation, en inoculant les microbes ou leurs produits solubles, c'est-à-dire leurs *toxines*. Les microbes altèrent les éléments de la moelle en y provoquant un processus irritatif, le plus souvent aigu (1).

Règle générale. — L'inflammation, chez les animaux en expérience, se porte sur les cellules nerveuses de la substance grise et spécialement sur celles de la corne antérieure, qui s'altèrent, s'atrophient et dégénèrent. Parfois les fibres nerveuses s'atrophient consécutivement. Mais les vaisseaux et la névroglie n'offrent aucune lésion.

a. *Polyomyélite infantile* (de *polios*, πολιος, gris, parce que ces maladies attaquent la substance grise). — Cette maladie assez commune chez les enfants, frappe le *système spinal antérieur* : on l'appelle encore *paralysie spinale atrophique de l'enfance*. Je fais remarquer que cette maladie affecte le système spinal antérieur, comme l'atrophie musculaire progressive, dont elle diffère parce qu'elle est aiguë, tandis que l'atrophie musculaire progressive est chronique. Dans cette dernière, les cellules s'atrophient insensiblement, s'égrènent une par une ; dans la paralysie des enfants elles sont toutes prises d'un seul coup ; il y a atrophie rapide en même temps que prolifération des éléments névrogliques.

b. *Polyomyélite de l'adulte.* — Cette myélite présente deux variétés : la *paralysie spinale aiguë* qui est due à l'*atrophie des cornes antérieures* de la substance grise, et la variété *paralysie générale spinale antérieure* dans laquelle les cellules des cornes antérieures sont affectées dans toute la hauteur de la moelle avec intégrité des racines nerveuses. Mais la lésion n'est pas sans remède et elle peut guérir avec disparition complète des symptômes de paralysie et d'atrophie des muscles.

c. *Myélite diffuse aiguë.* — Cette lésion, fixe ou envahissante, affecte n'importe quelle région de la moelle et elle frappe indistinctement la substance grise et la substance blanche, la névroglie, et même les méninges, tout en bloc dans le segment affecté, si elle est *superficielle*. Si elle est *centrale* elle peut se limiter à la substance grise.

(1) Dans une myélite aiguë compliquant la fièvre typhoïde, Curchmann et Vaillant ont trouvé le *bacille* typhique au milieu des lésions médullaires. Auché et Hobbs ont trouvé le streptocoque dans la moelle d'un varioleux mort de myélite.

Tableau des lésions vitales de la moelle.

MYÉLITES	aiguës.	Systématiques (attaquant un système anatomique).	Polyomyélite infantile (paralysie spinale atrophique de l'enfance).		Attaquant le système des cornes antérieures de la substance grise.
			Polyomyélite de l'adulte (paralysie spinale aiguë de l'adulte).	Paralysie spinale aiguë.	
				Paralysie générale spinale antérieure.	
		Diffuses (attaquant tous les éléments indistinctement).	Myélite diffuse aiguë.		Attaquant tous les éléments de la moelle.
			Myélite syphilitique aiguë		Attaquant tous les éléments de la moelle.
	chroniques.	Systématiques.	Atrophie musculaire progressive.		Attaquant le système spinal antérieur.
			Ataxie locomotrice progressive (tabes) . .		Attaquant le système spinal postérieur.
			Sclérose latérale secondaire descendante .		Symptôme d'une lésion du faisceau pyramidal latéral.
			Sclérose latérale amyotrophique		Atrophie du faisceau pyramidal.
			Syringomyélie.		Atrophie de la substance grise totale.
		Diffuses.	Sclérose en plaques.		Attaquant tous les éléments de la moelle.
			Myélite chronique diffuse simple.		
			Myélite chronique diffuse syphilitique.		

d. *Myélite syphilitique aiguë.* — Elle survient dans les deux tiers des cas entre le quatrième et le dixième mois qui suit le chancre. La lésion atteint les vaisseaux (artérite, oblitération suivie de ramollissement), la substance grise et la substance blanche en même temps que la névroglie. Il y a des foyers de ramollissement et fréquemment méningo-myélite. Si la guérison n'a pas lieu, il survient une sclérose incurable. Mais, fort heureusement, la maladie peut guérir.

2° Myélites chroniques. — Elles sont très fréquentes. On a vu, par ce qui précède, que la myélite aiguë affecte le plus souvent les cornes antérieures. Il en est de même dans la myélite chronique. Les cellules des cornes antérieures s'altèrent fréquemment, primitivement ou consécutivement.

a. *Atrophie musculaire progressive.* — Cruveilhier (1) découvrit l'*atrophie des racines antérieures* des nerfs rachidiens dans l'atrophie musculaire progressive. En 1860, Luys trouva la vraie lésion, d'où dépend l'atrophie des fibres nerveuses, la *destruction des cellules correspondantes de la corne antérieure.* Cependant les travaux de Deiters n'étaient pas encore connus.

Ces cellules disparaissent par atrophie pigmentaire, ou scléreuse, et par prolifération de la névroglie. C'est là une maladie affectant le *système spinal antérieur*, *affection médullaire parenchymateuse systématique.* Parenchymateuse veut dire que c'est la substance nerveuse qui est affectée, systématique signifie qu'elle affecte tout un système, le système spinal antérieur.

b. *Ataxie locomotrice progressive.* — Le processus irritatif frappe de sclérose et d'atrophie le système spinal postérieur, c'est-à-dire le cordon postérieur et les racines postérieures des nerfs rachidiens, d'où il peut s'étendre encore aux tissus voisins.

c. *Sclérose latérale secondaire descendante.* — La fonction des cellules motrices des cornes antérieures est de lancer dans les fibres nerveuses motrices l'onde nerveuse, le courant nerveux, réflexe ou volontaire. Lorsque les faisceaux pyramidaux, qui portent à ces cellules l'ordre de la volonté, sont irrités par quelques lésions (scléroses descendantes produites par un processus irritatif chronique), ils communiquent aux cellules une *excitabilité*

(1) Cruveilhier (Jean), né à Limoges en 1791, mort en 1874, professeur à Montpellier, puis à Paris. Sur l'ordre du Dr Cruveilhier son père, Jean Cruveilhier prit part au premier concours d'agrégation à Paris (1823) et, comme le dit Maurice Raynaud, il poussa l'obéissance filiale jusqu'à se faire nommer le premier.

exagérée qui se traduit par une *augmentation permanente de la tonicité musculaire*, ce qui constitue la *contracture*. Telle est la lésion anatomique et fonctionelle de la *sclérose latérale secondaire* de la moelle. Les malades qui en sont affectés ont des *contractures*, passagères ou permanentes, des *trémulations* et une exagération des *réflexes tendineux*.

Ce n'est généralement pas une maladie propre, mais une épisode d'une affection encéphalique ou médullaire, comme *hémorragie cérébrale*, etc. D'où il faut conclure que le symptôme *contracture*, dans une hémorragie cérébrale, indique une *lésion des fibres du faisceau pyramidal* dans leur trajet (couronne rayonnante, deux tiers antérieurs du segment postérieur de la capsule interne, étage inférieur du pédoncule cérébral). Ce symptôme est permanent et incurable.

d. *Sclérose latérale amyotrophique.* — Dans la sclérose latérale amyotrophique, la lésion du faisceau pyramidal latéral commence dans le bulbe (Charcot). La prolifération scléreuse se continue de haut en bas et s'étend à la totalité des deux faisceaux pyramidaux, croisé et direct. Plus tard l'atrophie s'étend aux cellules nerveuses motrices, noyaux d'origine du grand hypoglosse et du facial, corne antérieure de la substance grise de la moelle ; on constate même l'atrophie des racines antérieures des nerfs rachidiens.

e. *Syringomyélie.* — Cette maladie, dans laquelle la substance grise est détruite, est une myélite chronique centrale. Il se fait une ou plusieurs cavités dans la moelle. C'est une moelle creuse.

f. *Sclérose en plaques.* — La sclérose de la moelle est une des myélites chroniques les plus fréquentes. Elle se montre sous forme de plaques, *sclérose en plaques*, qui peuvent se rencontrer partout, d'où la division en sclérose *spinale, cérébrale*, et *cérébro-spinale*, la plus fréquente. La sclérose forme des îlots dans la substance blanche. La lésion, plus intense au centre de la plaque, débute par une *prolifération des éléments de la névroglie* et une *altération des vaisseaux*. C'est pour cela que la sclérose en plaque est une *myélite diffuse et interstitielle* et non *parenchymateuse*.

L'expression interstitielle appartient à la lésion des éléments interstitiels tels que la névroglie. Par suite de la prolifération névroglique, les fibres nerveuses s'altèrent. Les cellules migratrices sortent des vaisseaux par diapédèse, détruisent la myéline qu'elles absorbent. Le cylindraxe ne se détruit qu'à la longue. Le processus irritatif envahit les parois vasculaires, qui sont atteintes de périartérite et d'endartérite (lésions qui pourraient

bien être primitives), et les cellules nerveuses correspondantes, qui s'atrophient. Cette lésion, d'abord interstitielle, devient parenchymateuse par la suite.

g. *Myélite chronique diffuse simple.* — Simple veut dire qu'elle n'est pas syphilitique. Elle succède le plus souvent à une myélite aiguë. Ses lésions consistent en *sclérose*, c'est-à-dire *prolifération des éléments de la névroglie*, épaississement des parois vasculaires, désagrégation de la myéline des fibres nerveuses, *atrophie des cellules nerveuses* et de leurs prolongements.

La lésion frappe tantôt un petit tronçon de moelle fort court (*myélite transverse*), tantôt une moitié de moelle (*myélite hémilatérale*). Quelquefois elle forme un anneau de sclérose dans la substance blanche avec participation des méninges, sans lésion de la substance grise (*sclérose annulaire*). Dans d'autres circonstances, elle atteint la substance grise autour du canal de l'épendyme (*sclérose péri-épendymaire*). Elle peut être *ascendante* ou *descendante*. Mais *la forme la plus commune est la myélite chronique du renflement dorso-lombaire dans ses parties antéro-latérales.*

h. *Myélite syphilitique chronique.* — Il n'est pas douteux qu'une syphilis non traitée expose à la myélite. Je suis d'accord en cela avec Fournier. Elle peut succéder à une myélite aiguë, ou être chronique d'emblée. Lorsqu'elle est chronique, on observe une *infiltration des parois des vaisseaux*, avec *dilatations vasculaires* et *hypérémie* de la substance nerveuse, blanche et grise. Il y a également *infiltration embryonnaire des méninges*. Si la maladie ne guérit pas rapidement, elle passe à la sclérose, forme grave par son incurabilité.

§ 3. — ENCÉPHALE

La masse nerveuse contenue dans la cavité cranienne constitue l'*encéphale*. Cette masse est le résultat du développement des trois *vésicules cérébrales primitives*.

La *vésicule antérieure* fournit le cerveau antérieur, la *moyenne* donne naissance au cerveau moyen, et la *postérieure* forme le *cerveau rhomboïdal* ou *rhombencéphalon*, selon la nomenclature proposée par His et adoptée par les anatomistes allemands. Occupons-nous du cerveau rhomboïdal.

Le *cerveau rhomboïdal*, le *rhombencéphale*, peut être séparé du reste de l'encéphale par une section transversale des pédoncules cérébraux pratiquée immédiatement en avant de la protubé-

rance annulaire. Il comprend toutes les parties qui entourent le quatrième ventricule, bulbe rachidien, protubérance, cervelet et ses pédoncules.

La vésicule cérébrale postérieure primitive se divise en deux vésicules secondaires pour former le *cerveau postérieur* (protubérance, cervelet et isthme du rhombencéphale) et l'*arrière-cerveau* (bulbe rachidien). Dans la nomenclature de His, l'arrière-cerveau devient le *myélencéphale* et le cerveau postérieur devient le *métencéphale*.

1° BULBE RACHIDIEN OU MYÉLENCÉPHALE

On lui donne encore le nom de *moelle allongée*, *arrière-cerveau*, *myélencéphalon*.

Situation. — Médian et symétrique comme la moelle, le bulbe rachidien est situé sur la partie inférieure de la gouttière basilaire et sur le sommet de l'apophyse odontoïde. Il est oblique en bas en arrière.

Forme. — Il y a la forme d'un *cone* dont la base correspond au bord inférieur de la protubérance et le sommet au commencement de la moelle.

Limites. — La *limite supérieure* est formée par la protubérance en avant, et par une ligne fictive réunissant les angles latéraux du quatrième ventricule en arrière. Sa limite inférieure correspond à un plan qui passerait par le bord supérieur de l'atlas. C'est le *collet* du bulbe.

Dimensions. — Longueur 28 millimètres ; diamètre antéro-postérieur 13 millimètres ; diamètre transversal 18 millimètres à la base. Vers son sommet les diamètres diminuent insensiblement, de telle sorte qu'ils sont les mêmes que ceux de la moelle.

Rapports. — Le bulbe rachidien est en rapport : en avant, avec la *gouttière basilaire* et l'*apophyse odontoïde*, dont le séparent le ligament occipito-axoïdien et les deux *artères vertébrales* au moment où elles se confondent pour former le tronc basilaire ; en arrière avec le *cervelet* dont il est séparé par le *quatrième ventricule*. En écartant le cervelet du bulbe, on aperçoit un orifice, *trou de Magendie*, qui établit une communication entre la cavité du ventricule et l'espace sous-arachnoïdien contenant le liquide céphalo-rachidien.

De toute sa surface émergent, en avant et de chaque côté, les racines des sept derniers nerfs craniens.

Importance. — L'importance du bulbe ne saurait échapper, car cet organe, si peu volumineux, du poids de sept grammes à peine, contient les noyaux d'origine du nerf le plus important, le pneu-

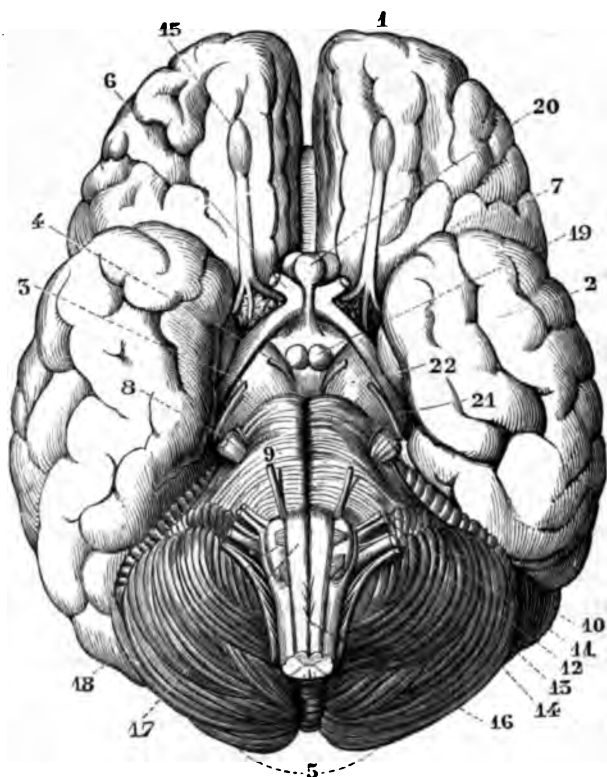


Fig. 423. — Face inférieure de l'encéphale dépouillé de ses membranes. Origine apparente des nerfs craniens.

1, lobe antérieur. — 2, lobe postérieur. — 3, nerf pathétique 4e p. — 4, nerf moteur oculaire commun 3e p. — 5, scissure inter-hémisphérique du cervelet et vermis. — 6, nerf optique 2e p. — 7, scissure de Sylvius. — 8, nerf trijumeau 5e p. — 9, moteur oculaire externe 6e p. — 10, nerf facial 7e p. — 11, nerf auditif 8e p. — 12, nerf glosso-pharyngien 9e p. — 13, nerf pneumogastrique 10e p. — 14, nerf spinal 11e p. — 15, nerf olfactif 1re p. — 16, sillon médian antérieur du bulbe. — 17, pyramide antérieure. — 18, nerf grand hypoglosse, 12e p. — 19, tubercules mamillaires. — 20, corps pituitaire et tige pituitaire. — 21, protubérance ou pont de Varole. — 22, pédoncule cérébral.

mogastrique, qui gouverne la circulation et la respiration. Legallois et Flourens, ignorant les noyaux d'origine des nerfs craniens, et sachant que la moindre lésion du bulbe, compression, piqûre, hémorragie, pendaison, entraîne la mort souvent foudroyante, y

avaient placé le *nœud vital*, expression qui nous paraît étrange, depuis que nous connaissons la structure intime du bulbe.

1° *Conformation extérieure du bulbe rachidien.*

A. **Moitié inférieure ou médullaire.** — Dans sa moitié inférieure, le bulbe rachidien offre exactement la même conformation que la moelle, c'est-à-dire qu'il est divisé en deux moitiés symétriques par le *sillon médian antérieur* et le *sillon médian postérieur*. On y trouve, comme dans la moelle, la *commissure blanche* au fond du sillon antérieur et la *commissure grise* au fond du sillon postérieur. Chaque moitié offre, comme dans la moelle, trois cordons nettement accusés : le *cordon antérieur*, le *cordon latéral*, le *cordon postérieur* divisé en faisceau de Goll et faisceau de Burdach. En apparence, la surface de cette portion du bulbe fait donc suite directement à la surface de la moelle.

Mais, si on écarte les deux cordons antérieurs on remarque que de gros faisceaux de fibres passent du cordon antérieur du côté droit dans celui du côté gauche, et réciproquement. Cet entre-croisement est connu sous le nom de *décussation des pyramides*. On donne le nom de *pyramides antérieures* aux deux cordons antérieurs qui semblent continuer la direction des cordons antérieurs de la moelle et qui descendent des circonvolutions cérébrales (1).

B. **Moitié supérieure ou protubérantielle.** — Le bulbe rachidien s'élargit à sa partie supérieure ; sa surface présente, comme dans la moitié inférieure, des sillons et des cordons, mais ayant subi des modifications. J'indiquerai les divers détails de cette surface du bulbe : 1° sur la face antérieure ; 2° sur la face postérieure. Puis nous étudierons sa base et son sommet.

Face antérieure (2). — Sur la face antérieure, en partant de la ligne médiane, on rencontre :

1° Le *sillon médian antérieur*, continuation de celui de la moelle. Ce sillon sépare les pyramides antérieures ; il se termine en haut par le *trou borgne de Vicq d'Azyr* (3), *foramen cœcum*, dépression située sous le bord de la protubérance. Vers son tiers inférieur,

(1) La découverte de l'entre-croisement des pyramides a été faite en 1709 par Mistichelli.

(2) Il me paraît plus logique d'étudier en avant et en arrière les deux faces d'un objet cylindrique, au lieu de lui décrire quatre faces.

(3) Vicq d'Azyr (Félix), né à Valogne en 1748, mort en 1794, professeur libre d'anatomie à Paris, secrétaire perpétuel de la Société royale de médecine, premier médecin de la reine Marie-Antoinette.

le sillon médian est interrompu par la *décussation des pyramides.*

2° La *pyramide antérieure du bulbe*, *paraissant* faire suite au cordon antérieur de la moelle, se rétrécit subitement à sa partie supérieure pour traverser la protubérance annulaire et se continuer ensuite jusqu'aux circonvolutions cérébrales, à travers la protubérance et les pédoncules cérébraux.

Au moment où elle aborde la protubérance, on voit émerger de sa surface le *sixième* nerf cranien (moteur oculaire externe).



Fig. 424. — Base de l'encéphale. Protubérance, bulbe et pédoncules cérébraux.

1, chiasma des nerfs optiques. — 2, tuber cinereum et tige pituitaire. — 3, tubercules mamillaires. — 4, nerf moteur oculaire commun. — 5, 5, nerf pathétique. — 6, protubérance. — 7, 7, nerf trijumeau (origine). — 8, 8, nerf moteur oculaire externe. — 9, 9, nerf auditif. — 10, grand hypoglosse. — 11, olive du bulbe. — 12, pyramide antérieure du bulbe. — 13, fibres du pédoncule cérébelleux moyen se perdant dans la substance du cervelet. — 14, pédoncule cérébral. — 15, corps genouillés appartenant à la couche optique. — 16, nerf optique.

3° Le *sillon collatéral antérieur*, faisant suite à celui de la moelle, mais plus accusé que ce dernier. De ce sillon, qui sépare la pyramide de l'olive, on voit sortir dix à douze filets nerveux, racines du *douzième* nerf cranien (grand hypoglosse).

4° L'*olive*, éminence oblongue, à direction parallèle à celle de la pyramide, offrant une largeur de 4 millimètres et une longueur de 12 millimètres environ. Sa partie inférieure est recouverte par les fibres arciformes superficielles. Nous retrouverons l'olive en parlant de la structure du bulbe.

5° La *fossette sus-olivaire*, séparant l'olive de la protubérance, et se continuant en arrière avec la fossette latérale du bulbe.

6° Le *tubercule cendré de Rolando*, petite surface grisâtre, que l'on aperçoit à 5 ou 6 millimètres en arrière et au-dessous de l'olive, sur le sillon latéral du bulbe. Cette surface n'est autre chose que la tête de la corne postérieure séparée de sa base par les fibres postérieures du bulbe.

7° Le *faisceau latéral* du bulbe, et la *fossette latérale*. Le faisceau latéral paraît faire suite au faisceau latéral de la moelle; il s'amincit à la partie supérieure du bulbe et sa surface se réduit à 2 millimètres de largeur.

La fossette latérale du bulbe est située au-dessus du faisceau latéral, sous la protubérance. On voit émerger de la fossette latérale, deux nerfs crâniens, le *septième* (facial), et le *huitième* (auditif).

Le faisceau latéral et la fossette latérale forment la limite extrême de la *face antérieure* du bulbe. Nous devons étudier maintenant sa *face postérieure*.

Face postérieure. — Dans sa *moitié inférieure*, la face postérieure du bulbe est exactement la même que celle de la moelle. On y trouve le sillon médian postérieur, le faisceau de Goll et le faisceau de Burdach, qui constituent le cordon postérieur, et, en dehors de ce dernier, le sillon collatéral postérieur.

Le *sillon collatéral postérieur* du bulbe fait suite au même sillon de la moelle. Ce sillon, arrivé à la partie moyenne du bulbe, s'incline en dehors. Il est limité en avant par le faisceau latéral, et en arrière par le cordon postérieur en bas et le pédoncule cérébelleux inférieur en haut. Il donne naissance à un grand nombre de racines nerveuses, qui se groupent en trois faisceaux triangulaires; le faisceau supérieur forme les racines du *neuvième* nerf cranien (glosso-pharyngien); le faisceau inférieur, celles du *dixième* (pneumogastrique ou vague). On voit sortir du même sillon, mais sur un plan un peu antérieur aux deux nerfs précédents, un faisceau de racines nerveuses, *racines bulbaires* du *onzième* nerf crânien (spinal).

Dans sa *moitié supérieure*, la face postérieure du bulbe est aplatie par suite de l'écartement des deux cordons postérieurs et de l'ouverture du sillon médian postérieur, de telle sorte que le canal de la moelle se trouve ouvert et la commissure grise postérieure étalée en surface.

La limite supérieure de cette face correspond à une ligne transversale qui unit les deux angles latéraux du plancher du quatrième ventricule. On constate que la partie supérieure du bulbe offre la forme d'un *triangle* aplati, à bords légèrement saillants.

Corps restiforme. — Les bords du triangle sont formés par un gros faisceau nerveux, qui semble être la continuation directe du cordon postérieur de la moelle et qui se porte au cervelet. Ce faisceau est le *corps restiforme* ou *pédoncule cérébelleux inférieur.*

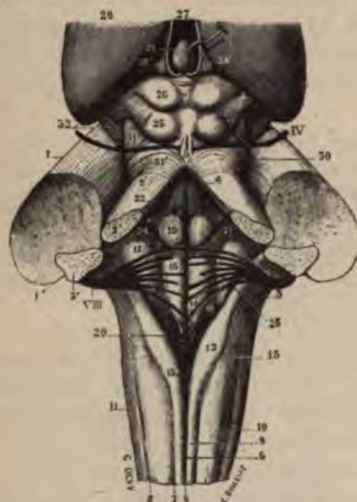


Fig. 425. — Plancher du quatrième ventricule et tubercules quadrijumeaux (imitée de Testut).

1, 2, 3, pédoncules cérébelleux moyens, supérieurs et inférieurs. — 1', 2', 3', leur coupe. — 4, coupe de la valvule de Vieusseus. — 5, frein de cette valvule. — 6, sillon médian postérieur. — 7, sillon intermédiaire postérieur. — 8, sillon collatéral postérieur. — 9, faisceau de Goll. — 10, faisceau de Burdach. — 11, faisceau latéral du bulbe. — 12, renflement mamelonné du bulbe. — 13, corps restiformes. — 14, tige du calamus. — 15, verrou. — 16, aile blanche interne. — 17, aile blanche externe. — 18, aile grise. — — 19, eminentia teres. — 20, fovea inferior. — 21, fovea superior. — 22, locus cœruleus. — 23, barbes du calamus ou stries acoustiques. — 24, une strie acoustique aberrante. — 25, tubercules quadrijumeaux postérieurs. — 26, tubercules quadrijumeaux antérieurs. — 27, ventricule moyen. — 28, couche optique. — 28', triangle de l'habénula. — 29, glande pinéale, relevée en avant. — 30, sillon latéral de l'isthme. — 31, faisceau latéral de l'isthme. — 31', fibres se rendant à la valvule de Vieussens. — 32, pédoncules cérébraux. — IV, nerf pathétique. — VIII, nerf auditif.

Pyramide postérieure. — A la partie inférieure du bord interne du corps restiforme, on voit une légère saillie faisant suite au faisceau de Goll, et s'effilant sur le bord interne du corps restiforme; cette saillie porte le nom de *pyramide postérieure* du bulbe. Cette pyramide présente au niveau du bec du calamus, une saillie ovalaire appelée *renflement mamelonné du bulbe;* on l'appelle encore *clava*, du latin clava, massue.

Plancher du quatrième ventricule. — Le plancher du quatrième ventricule sera décrit avec ce ventricule. Je n'indiquerai donc ici que la moitié inférieure de ce plancher formé par le bulbe. Cette moitié est le triangle qui sépare les deux pédoncules cérébelleux inférieurs. Il est formé de substance grise, résultat de l'écartement des cordons postérieurs et de l'élargissement du canal de la moelle. Ce triangle, *bulbaire*, forme la moitié inférieure du plancher du ventricule, plancher losangique, dont la moitié supérieure, *protubérantielle*, est formée par la protubérance. Nous examinerons ici le triangle bulbaire où nous trouverons des saillies et des dépressions formées par la base des cornes antérieures et postérieures de la

substance grise de la moelle, la tête des cornes postérieures étant déjetée en dehors. (Voy. *Quatrième ventricule*.)

Calamus scriptorius. — On voit sur la ligne médiane un sillon longitudinal, étendu depuis l'aqueduc de Sylvius (angle supérieur du quatrième ventricule) jusqu'à l'ouverture du canal central de la moelle, située entre les deux pyramides postérieures. Ce sillon est décrit, depuis Hérophile, sous le nom de *calamus scriptorius* (roseau à écrire). On appelle *bec du calamus* le point d'union des deux pyramides, le V, qu'il suffit d'ouvrir pour voir l'orifice du canal central.

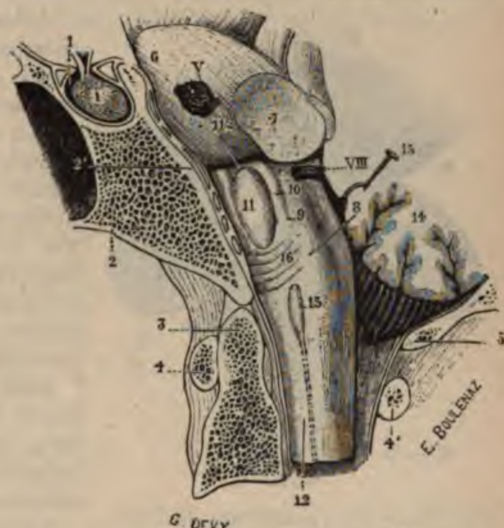


Fig. 426. — Le bulbe et la protubérance, vue latérale ; leurs rapports avec le canal encéphalo-rachidien (d'après Testut).

1, selle turcique avec le corps pituitaire. — 2, coupe de l'apophyse basilaire, avec 2', légère saillie en rapport avec le sillon bulbo-protubérantiel. — 3, apophyse odontoïde. — 4, 4', arc antérieur et arc postérieur de l'atlas. — 5, bord postérieur du trou occipital. — 6, protubérance. — 7, coupe du pédoncule cérébelleux moyen. — 8, corps restiforme. — 9, sillon latéral du bulbe. — 10, faisceau latéral du bulbe. — 11, olive. — 11', fossette sus-olivaire. — 12, cordon antérieur de la moelle. — 13, tubercule cendré de Rolando. — 14, cervelet. — 14', son amygdale. — 15, quatrième ventricule, dont le toit est légèrement écarté. — 16, fibres arciformes. — V, trijumeau. — VIII, racine postérieure de l'auditif.

En écartant les deux lèvres du bec du calamus, on aperçoit aussi le *verrou*, ou *obex*. Le verrou est une lame de substance grise transversale étendue d'un cordon de Goll à l'autre, ce n'est autre chose que l'extrémité inférieure de la *membrana tectoria*, ou le bord supérieur de la paroi postérieure du canal de la moelle (voy. *Quatrième ventricule*).

Sur la surface triangulaire qui nous occupe, on aperçoit des filaments blancs, en nombre variable, qui se dirigent vers le bord inférieur du pédoncule cérébelleux inférieur, où ils forment un faisceau. Ces filaments sont les *stries médullaires du nerf acoustique*. Les anciens anatomistes qui avaient comparé le sillon

Importance. — L'importance du bulbe ne saurait échapper, car cet organe, si peu volumineux, du poids de sept grammes à peine, contient les noyaux d'origine du nerf le plus important, le pneu-

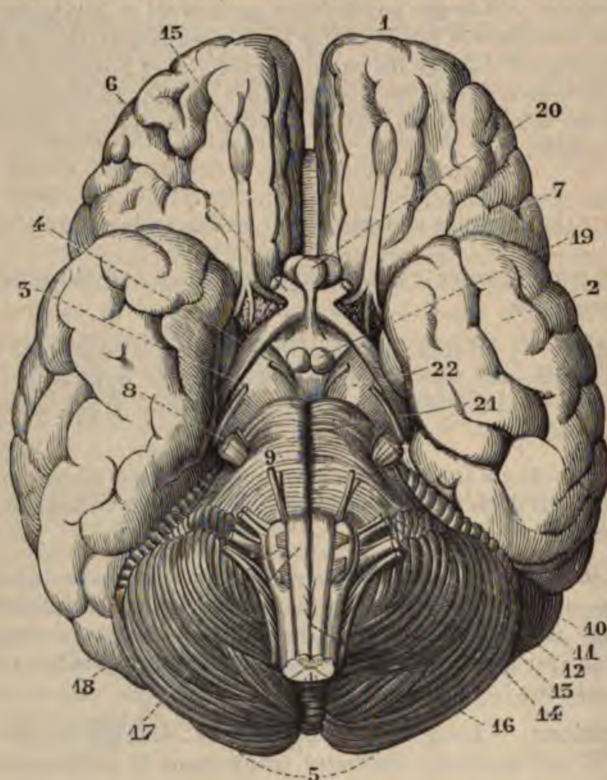


Fig. 423. — Face inférieure de l'encéphale dépouillé de ses membranes. Origine apparente des nerfs craniens.

1, lobe antérieur. — 2, lobe postérieur. — 3, nerf pathétique 4e p. — 4, nerf moteur oculaire commun 3e p. — 5, scissure inter-hémisphérique du cervelet et vermis. — 6, nerf optique 2e p. — 7, scissure de Sylvius. — 8, nerf trijumeau 5e p. — 9, moteur oculaire externe 6e p. — 10, nerf facial 7e p. — 11, nerf auditif 8e p. — 12, nerf glosso-pharyngien 9e p. — 13, nerf pneumogastrique 10e p. — 14, nerf spinal 11e p. — 15, nerf olfactif 1re p. — 16, sillon médian antérieur du bulbe. — 17, pyramide antérieure. — 18, nerf grand hypoglosse, 12e p. — 19, tubercules mamillaires. — 20, corps pituitaire et tige pituitaire. — 21, protubérance ou pont de Varole. — 22, pédoncule cérébral.

mogastrique, qui gouverne la circulation et la respiration. Legallois et Flourens, ignorant les noyaux d'origine des nerfs craniens, et sachant que la moindre lésion du bulbe, compression, piqûre, hémorragie, pendaison, entraîne la mort souvent foudroyante, y

avaient placé le *nœud vital*, expression qui nous paraît étrange, depuis que nous connaissons la structure intime du bulbe.

1° *Conformation extérieure du bulbe rachidien.*

A. **Moitié inférieure** ou **médullaire**. — Dans sa moitié inférieure, le bulbe rachidien offre exactement la même conformation que la moelle, c'est-à-dire qu'il est divisé en deux moitiés symétriques par le *sillon médian antérieur* et le *sillon médian postérieur*. On y trouve, comme dans la moelle, la *commissure blanche* au fond du sillon antérieur et la *commissure grise* au fond du sillon postérieur. Chaque moitié offre, comme dans la moelle, trois cordons nettement accusés : le *cordon antérieur*, le *cordon latéral*, le *cordon postérieur* divisé en faisceau de Goll et faisceau de Burdach.

En apparence, la surface de cette portion du bulbe fait donc suite directement à la surface de la moelle.

Mais, si on écarte les deux cordons antérieurs on remarque que de gros faisceaux de fibres passent du cordon antérieur du côté droit dans celui du côté gauche, et réciproquement. Cet entre-croisement est connu sous le nom de *décussation des pyramides*. On donne le nom de *pyramides antérieures* aux deux cordons antérieurs qui semblent continuer la direction des cordons antérieurs de la moelle et qui descendent des circonvolutions cérébrales (1).

B. **Moitié supérieure** ou **protubérantielle**. — Le bulbe rachidien s'élargit à sa partie supérieure ; sa surface présente, comme dans la moitié inférieure, des sillons et des cordons, mais ayant subi des modifications. J'indiquerai les divers détails de cette surface du bulbe : 1° sur la face antérieure ; 2° sur la face postérieure. Puis nous étudierons sa base et son sommet.

Face antérieure (2). — Sur la face antérieure, en partant de la ligne médiane, on rencontre :

1° Le *sillon médian antérieur*, continuation de celui de la moelle. Ce sillon sépare les pyramides antérieures ; il se termine en haut par le *trou borgne de Vicq d'Azyr* (3), *foramen cœcum*, dépression située sous le bord de la protubérance. Vers son tiers inférieur,

(1) La découverte de l'entre-croisement des pyramides a été faite en 1709 par Mistichelli.

(2) Il me paraît plus logique d'étudier en avant et en arrière les deux faces d'un objet cylindrique, au lieu de lui décrire quatre faces.

(3) Vicq d'Azyr (Félix), né à Valogne en 1748, mort en 1794, professeur libre d'anatomie à Paris, secrétaire perpétuel de la Société royale de médecine, premier médecin de la reine Marie-Antoinette.

le sillon médian est interrompu par la *décussation des pyramides*.

2° La *pyramide antérieure du bulbe*, *paraissant* faire suite au cordon antérieur de la moelle, se rétrécit subitement à sa partie supérieure pour traverser la protubérance annulaire et se continuer ensuite jusqu'aux circonvolutions cérébrales, à travers la protubérance et les pédoncules cérébraux.

Au moment où elle aborde la protubérance, on voit émerger de sa surface le *sixième* nerf cranien (moteur oculaire externe).



Fig. 424. — Base de l'encéphale. Protubérance, bulbe et pédoncules cérébraux.

1, chiasma des nerfs optiques. — 2, tuber cinereum et tige pituitaire. — 3, tubercules mamillaires. — 4, nerf moteur oculaire commun. — 5, 5, nerf pathétique. — 6, protubérance. — 7, 7, nerf trijumeau (origine). — 8, 8, nerf moteur oculaire externe. — 9, 9, nerf auditif. — 10, grand hypoglosse. — 11, olive du bulbe. — 12, pyramide antérieure du bulbe. — 13, fibres du pédoncule cérébelleux moyen se perdant dans la substance du cervelet. — 14, pédoncule cérébral. — 15, corps genouillés appartenant à la couche optique. — 16, nerf optique.

3° Le *sillon collatéral antérieur*, faisant suite à celui de la moelle, mais plus accusé que ce dernier. De ce sillon, qui sépare la pyramide de l'olive, on voit sortir dix à douze filets nerveux, racines du *douzième* nerf cranien (grand hypoglosse).

4° L'*olive*, éminence oblongue, à direction parallèle à celle de la pyramide, offrant une largeur de 4 millimètres et une longueur de 12 millimètres environ. Sa partie inférieure est recouverte par les fibres arciformes superficielles. Nous retrouverons l'olive en parlant de la structure du bulbe.

5° La *fossette sus-olivaire*, séparant l'olive de la protubérance, et se continuant en arrière avec la fossette latérale du bulbe.

6° Le *tubercule cendré de Rolando*, petite surface grisâtre, que l'on aperçoit à 5 ou 6 millimètres en arrière et au-dessous de l'olive, sur le sillon latéral du bulbe. Cette surface n'est autre chose que la tête de la corne postérieure séparée de sa base par les fibres postérieures du bulbe.

7° Le *faisceau latéral* du bulbe, et la *fossette latérale*. Le faisceau latéral paraît faire suite au faisceau latéral de la moelle; il s'amincit à la partie supérieure du bulbe et sa surface se réduit à 2 millimètres de largeur.

La fossette latérale du bulbe est située au-dessus du faisceau latéral, sous la protubérance. On voit émerger de la fossette latérale, deux nerfs crâniens, le *septième* (facial), et le *huitième* (auditif).

Le faisceau latéral et la fossette latérale forment la limite extrême de la *face antérieure* du bulbe. Nous devons étudier maintenant sa *face postérieure*.

Face postérieure. — Dans sa *moitié inférieure*, la face postérieure du bulbe est exactement la même que celle de la moelle. On y trouve le sillon médian postérieur, le faisceau de Goll et le faisceau de Burdach, qui constituent le cordon postérieur, et, en dehors de ce dernier, le sillon collatéral postérieur.

Le *sillon collatéral postérieur* du bulbe fait suite au même sillon de la moelle. Ce sillon, arrivé à la partie moyenne du bulbe, s'incline en dehors. Il est limité en avant par le faisceau latéral, et en arrière par le cordon postérieur en bas et le pédoncule cérébelleux inférieur en haut. Il donne naissance à un grand nombre de racines nerveuses, qui se groupent en trois faisceaux triangulaires; le faisceau supérieur forme les racines du *neuvième* nerf cranien (glosso-pharyngien); le faisceau inférieur, celles du *dixième* (pneumogastrique ou vague). On voit sortir du même sillon, mais sur un plan un peu antérieur aux deux nerfs précédents, un faisceau de racines nerveuses, *racines bulbaires* du *onzième* nerf crânien (spinal).

Dans sa *moitié supérieure*, la face postérieure du bulbe est aplatie par suite de l'écartement des deux cordons postérieurs et de l'ouverture du sillon médian postérieur, de telle sorte que le canal de la moelle se trouve ouvert et la commissure grise postérieure étalée en surface.

La limite supérieure de cette face correspond à une ligne transversale qui unit les deux angles latéraux du plancher du quatrième ventricule. On constate que la partie supérieure du bulbe offre la forme d'un *triangle* aplati, à bords légèrement saillants.

Il donne d'autres fibres, *prolongements cérébelleux*, qui se rendent au cervelet. Nous retrouverons ces dernières plus loin, en parlant des fibres arciformes (fig. 431, 12).

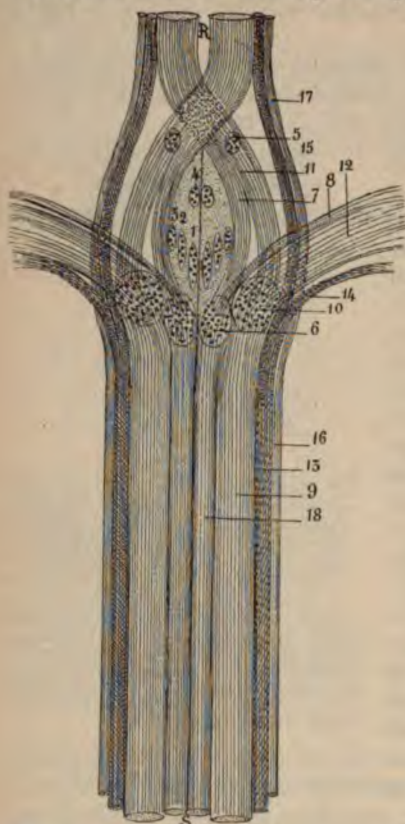


Fig. 431. — Faisceaux postérieurs ascendants, sensitifs, de la moelle épinière.

R, commencement du ruban de Reil. — S, sillon médian postérieur de la moelle. — 1, plancher du quatrième ventricule et aile blanche interne. — 2, aile grise. — 3, aile blanche externe. — 4, eminentia teres. — 5, locus cœruleus. — 6, noyau de Goll. — 7, racine du ruban de Reil, venant du noyau de Goll. — 8, pédoncule cérébelleux inférieur. — 9, faisceau de Burdach. — 10, noyau de Burdach. — 11, racine du ruban de Reil venant du noyau de Burdach. — 12, fibres allant du noyau de Burdach au pédoncule cérébelleux inférieur. — 13, faisceau cérébelleux. — 14, faisceau cérébelleux secondaire. — 15, faisceau cérébelleux secondaire interne — 16, faisceau de Gowers. — 17, continuation du faisceau de Gowers dans le bulbe. — 18, faisceau de Goll.

Chaîne de neurones du cordon postérieur. — Que sont en réalité les noyaux de Goll et de Burdach ? Leurs cellules sont simplement des neurones intercalaires situés sur le trajet des fibres sensitives. Elles émettent, à leur tour, de nouvelles fibres sensitives, qui iront aboutir à d'autres neurones, avant d'arriver à la substance grise des circonvolutions. Le *faisceau sensitif*, étendu de tous les ganglions rachidiens aux circonvolutions cérébrales, est donc constitué par une série de neurones sensitifs, articulés, associés, (cordons postérieurs de la moelle, ruban de Reil) ; en un mot, par une chaîne de neurones.

Prolongements sensitifs des noyaux de Goll et de Burdach. — Il faut signaler ici les fibres sensitives de ces deux noyaux, fibres qui constituent les *faisceaux initiaux*, les *racines* du ruban de Reil (fig. 431, 11) (voy. *Ruban de Reil*, p. 518).

Ces fibres prolongées ne sont que la continuation des fibres du cordon postérieur avec interposition des cellules nerveuses. Elles forment en-

semble un faisceau à droite de la ligne médiane et un faisceau semblable à gauche. Ces deux faisceaux se dirigent en avant et en dedans, presque horizontalement, dans l'épaisseur du bulbe, en décrivant une légère courbe à concavité interne avant de s'entre-croiser (fig. 431, 7 et 11).

Entre-croisement des faisceaux sensitifs. — Les deux faisceaux atteignent la ligne médiane et *s'entre-croisent.* Ils concourent à la formation du *raphé médian.* Après leur entrecroisement, ils viennent s'appliquer sur la face postérieure du faisceau pyramidal (moteur) qui forme la partie superficielle de la pyramide antérieure. Là, ils deviennent ascendants et ils se portent dans l'épaisseur de la protubérance et du pédoncule cérébral sous le nom de *ruban de Reil*, pour atteindre ensuite le cerveau, au moins par quelques-unes de leurs fibres.

b. *Trajet du cordon antérieur de la moelle dans le bulbe.*

Nous avons vu que le cordon antérieur de la moelle est formé de deux faisceaux : le *faisceau pyramidal direct* et le *faisceau fondamental du cordon antérieur.* Commençons par ce dernier afin que la description du faisceau pyramidal croisé suive celle du faisceau pyramidal direct.

1° Faisceau fondamental du cordon antérieur. — Formé de fibres commissurales, généralement courtes et coiffant en avant la corne antérieure de la substance grise, le faisceau fondamental se confond avec le faisceau fondamental du cordon latéral, qui est constitué de la même façon. Les fibres de ces deux faisceaux réunis, mettant en communication les divers segments de la substance grise de la moelle, atteignent la partie inférieure du bulbe et prennent le nom de *faisceau commissural longitudinal.*

Changement de direction. — Les deux faisceaux, droit et gauche, arrivés à la partie inférieure du bulbe, changent aussitôt de direction, mais ils ne s'entrecroisent pas. Ils se portent en haut, en arrière et en dedans, en décrivant une courbe à concavité interne, qui passe en dehors des racines du ruban de Reil et du faisceau pyramidal croisé. Autrement dit, les deux faisceaux commissuraux longitudinaux forment ensemble, en se dirigeant en arrière, un anneau incomplet dans lequel passent les racines du ruban de Reil et les faisceaux pyramidaux croisés.

Leur trajet ultérieur. — Après avoir décrit la courbe intra-bulbaire dont il vient d'être question, ces deux faisceaux deviennent parallèles, s'adossent sans s'entre-croiser, et cheminent sous le

plancher du quatrième ventricule, puis dans la protubérance et le pédoncule cérébral.

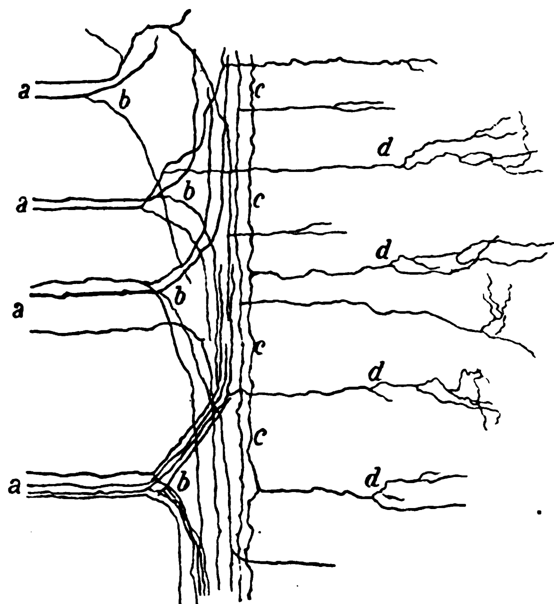


Fig. 432.— Coupe longitudinale de la moelle d'un embryon humain de 20 centimètres, pratiquée au niveau du sillon collatéral postérieur pour montrer le mode de terminaison des racines postérieures (d'après Lenhossek).

a, a, racines postérieures. — *b, b, b*, leur bifurcation en branches ascendante et descendante. — *c, c, c*, fibres longitudinales du faisceau de Burdach avec les collatérales. — *d, d, d*, collatérales des branches ascendante et descendante.

2° Faisceau pyramidal direct. — Ce faisceau est la branche de division externe du faisceau pyramidal venu du cerveau. C'est ici que la description du faisceau pyramidal principal doit être faite.

Faisceau pyramidal.

Le *faisceau pyramidal* est d'une importance capitale, *anatomique*, *physiologique*, et surtout *pathologique*.

C'est un gros faisceau nerveux, formé de *fibres motrices volontaires*, étendues de l'écorce grise des circonvolutions rolandiques à l'extrémité inférieure de la moelle. Il occupe donc toute l'étendue des centres nerveux et il s'amincit à mesure qu'il descend, parce que dans tout son trajet il donne des fibres aux cellules nerveuses, jusqu'à la partie inférieure de la moelle.

Nées dans les cellules de l'écorce cérébrale ses fibres font partie des *fibres de projection* du cerveau. Elles traversent les grosses masses cérébrales grises centrales, où elles forment la capsule



Fig. 433. — Centres moteurs des circonvolutions rolandiques. — Point d'origine des nerfs du membre inférieur en haut, du membre supérieur au milieu et de la langue en bas. Face ext. d'un hémisphère.

interne. De là, ces fibres descendent, en se condensant en un faisceau serré, dans le pédoncule cérébral et la protubérance, jusqu'au bulbe rachidien où elles forment la *pyramide antérieure.*



Fig. 434. — Lobule paracentral. — Point d'origine des nerfs du membre inférieur. Face int. d'un hémisphère.

Dans le bulbe, le faisceau pyramidal se divise en deux faisceaux secondaires qui s'épuisent insensiblement sur toute la longueur de la moelle. Ces faisceaux sont le *faisceau croisé* et le *faisceau direct*.

J'étudierai le faisceau pyramidal : 1° à son origine ; 2° dans son trajet cérébral ; 3° dans le pédoncule cérébral ; 4° dans la protubérance ; 5° dans le bulbe rachidien et dans la moelle.

Origine du faisceau pyramidal. — Les fibres du faisceau pyramidal viennent de la substance grise d'une grande étendue des circ. rolandiques, autrement dit des cellules pyramidales des *centres moteurs corticaux*, c'est-à-dire des *circ. frontale ascendante* et *pariétale ascendante* qui forment les lèvres de la scissure de Rolando (circ. rolandiques), et du *lobule paracentral* (fig. 434). La zone motrice, d'où naissent les fibres du faisceau pyramidal, est connue sous le nom de *zone motrice de Charcot* (fig. 433), correspondant à la *sphère tactile de Flechsig*.

De la partie inférieure des deux circ. rolandiques, part un groupe de fibres motrices qui se réunissent au faisceau pyramidal et auquel on donne le nom spécial de *faisceau géniculé*, parce que, au niveau de la capsule interne, il passe sur le sommet du noyau lenticulaire où il forme une saillie, ou *genou*. Mais ce faisceau peut être considéré comme formé par les fibres bulbo-protubérantielles du faisceau pyramidal.

Trajet du faisceau pyramidal dans le cerveau. — Des circonvolutions rolandiques, les fibres du faisceau pyramidal se dirigent en bas et en dedans et convergent, en formant un faisceau serré, vers le corps strié et la couche optique entre lesquels elles s'engagent. Là, ce faisceau forme la partie antérieure du *segment postérieur de la capsule interne*. Ces fibres, dites de *projection*, constituent les *fibres thalamo-corticales* et font partie de la *couronne rayonnante de Reil*.

La *capsule interne* sera décrite avec le cerveau ; je me contente d'en donner ici un aperçu. C'est un faisceau de fibres blanches qui passe entre le noyau lenticulaire situé à sa face externe, le noyau caudé et la couche optique situés à sa face interne (fig. 438). Sur



Fig. 435.

Charcot (Jean-Martin), né à Paris le 29 novembre 1825, mort le 16 août 1893. Professeur à la faculté de médecine de Paris pour les maladies mentales et de l'encéphale. Présenta sa thèse sur *la goutte arthritique et les nodosités des jointures*, le 16 mai 1853. Fut longtemps médecin de la Salpêtrière où il professa pendant un grand nombre d'années les maladies nerveuses : hystérie, neurasthénie. S'occupa particulièrement des lésions du système nerveux. Excellent professeur, très partial, il favorisa uniquement ses élèves dans les concours.

une coupe horizontale, on voit qu'elle est formée de deux parties réunies par un coude, appelé *genou* (fig. 438, *b*). La partie antérieure (fig, 438, *a*) est le *segment antérieur* de la capsule et la partie postérieure (fig. 438, *c*), le *segment postérieur*.

Dans la capsule interne, le *faisceau géniculé* se coude en passant sur le genou, et le faisceau pyramidal est situé dans le segment

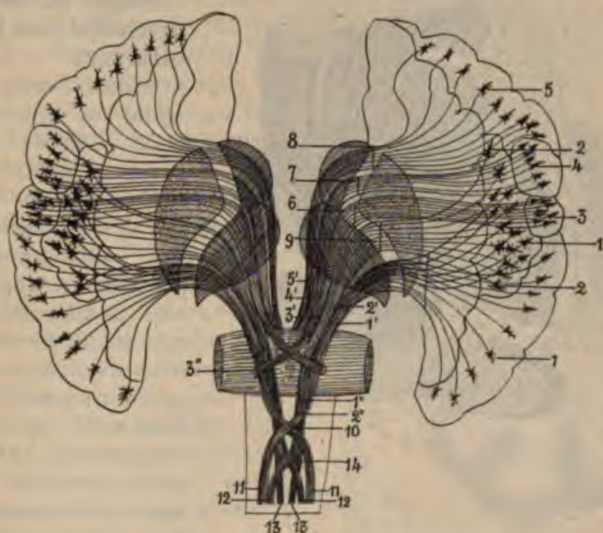


Fig. 436. — Les divers faisceaux moteurs et sensitifs traversant le cerveau de haut en bas et de bas en haut, et faisant partie de la capsule interne. La couche optique et le noyau caudé sont supposés transparents.

1, 1, terminaison du faisceau sensitif ascendant de la capsule.— 1'', son entre-croisement dans le bulbe en arrière des pyramides. Les fibres courbes les plus postérieures représentent le faisceau de Meynert. — 2, 2. cellules d'origine, dans la zone sensitivo-motrice, du faisceau pyramidal descendant 2', atteignant le bulbe en 2''. — 3, cellules du faisceau géniculé 3' s'entre-croisant dans le bulbe en 3''. — 4, origine du faisceau de l'aphasie 4'. — 5, origine des fibres cortico-protubérantielles antérieures, faisceau psychique? — 6, genou de la capsule interne et faisceau géniculé. — 7 et 8, segment antérieur de la capsule interne. — 9, segment postérieur contenant le faisceau pyramidal 2' et le faisceau sensitif 1' — 10, faisceau pyramidal atteignant le bulbe. — 11, faisceau sensitif ascendant avant son entre-croisement.— 12, faisceau pyramidal latéral de la moelle après entre-croisement dans le bulbe 14. — 13, faisceau pyramidal direct.

postérieur, entre le faisceau géniculé et le faisceau sensitif, qui est en arrière, autrement dit dans la partie antérieure du segment postérieur.

Trajet du faisceau pyramidal dans le pédoncule cérébral. — De la capsule interne, le faisceau pyramidal passe au-dessous de la couche optique, se condense davantage, et se porte dans la

couche superficielle, ou pied, du pédoncule cérébral, dont il occupe la partie moyenne, entre le faisceau géniculé qui est en dedans et le faisceau sensitif qui est en dehors.

A mesure qu'il descend, le faisceau pyramidal diminue de volume parce qu'il abandonne des fibres.

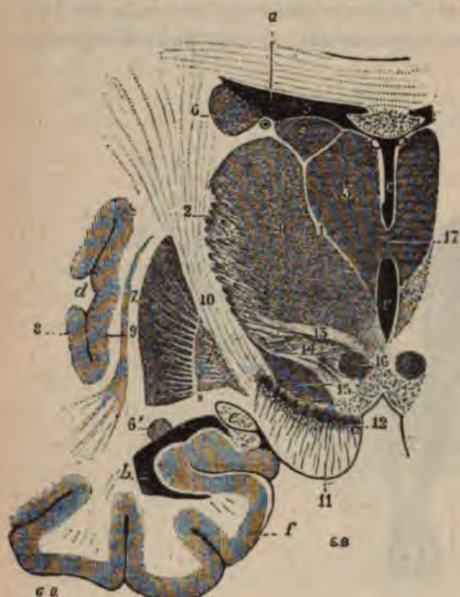


Fig. 437. — Coupe vertico-transversale des ganglions opto-striés du côté gauche (couche optique et corps strié, au niveau de la commissure grise). On y voit les fibres du faisceau pyramidal 10.

a, ventricule latéral. — *b*, sa portion inférieure. — *c*, ventricule moyen. — *d*, fond de la scissure de Sylvius et insula de Reil. — *e*, bandelette optique. — *f*, circonvolution de l'hippocampe.

1, lame médullaire interne de la couche optique. — 2, lame médullaire externe et couche grillagée. — 3, noyau interne de la couche optique. — 4, noyau externe de la couche optique. — 5, noyau supérieur. — 6, noyau caudé. — 6' sa portion réfléchie. — 7, noyau lenticulaire (putamen). — 7', globus pallidus. — 8, avant-mur. — 9, capsule externe. — 10, capsule interne. — 11, pied du pédoncule. — 12, locus niger. — 13, couche dorsale de la région sous-thalamique. — 13, zona incerta. — 15, corps de Luys. — 15, noyau rouge de la calotte. — 17, commissure grise.

Trajet du faisceau pyramidal dans la protubérance. — Les fibres du faisceau pyramidal se fasciculent et des fibres transversales protubérantielles passent entre les divers fascicules. Les deux faisceaux pyramidaux abandonnent le faisceau géniculé et des *fibres cortico-protubérantielles* (qui font partie de ce faisceau), puis ils se rapprochent, de sorte qu'ils arrivent à se toucher en sortant de la protubérance annulaire.

Trajet du faisceau pyramidal dans le bulbe. — Les fibres du faisceau pyramidal, serrées les unes contre les autres, forment la partie antérieure de la pyramide antérieure du bulbe, d'où le nom de faisceau pyramidal. En dedans, la pyramide (*faisceau pyramidal*), est en contact avec celle du côté opposé. En dehors elle est en rapport avec l'olive, et en arrière avec le commencement du ruban de Reil formé par les fibres venues des noyaux de Goll et de Burdach.

Entre-croisement des faisceaux pyramidaux, décussation des pyramides. — Vers le tiers inférieur du bulbe les deux pyramides (faisceaux pyramidaux) se bifurquent en deux faisceaux secondaires, l'un externe, plus petit, *faisceau pyramidal direct* ou *antérieur* ou *faisceau de Türck*; l'autre interne, *faisceau pyramidal croisé* ou *latéral* (fig. 439).

L'entre-croisement, ainsi que je l'ai dit, est partiel dans le bulbe, mais comme les fibres non entre-croisées dans le bulbe s'entre-croisent dans la moelle, il en résulte que les deux faisceaux pyramidaux, autrement dit les fibres descendantes motrices, volontaires, subissent un entre-croisement complet.



Fig. 438. — Coupe de Flechsig. Cette coupe est faite horizontalement de dehors en dedans, un peu au-dessus de la scissure de Sylvius (Richer).

a, segment antérieur de la capsule interne. — *b*, genou de la capsule. — *c*, segment postérieur de la capsule. — 1, 6, noyau caudé. — 2, noyau lenticulaire. — 3, capsule externe. — 4, avant-mur. — 5, couche optique.

Au niveau de la décussation, les fibres les plus internes de la pyramide du bulbe, plus des deux tiers, s'entre-croisent avec celles du côté opposé et s'enfoncent dans le bulbe, en décapitant la corne antérieure de la substance grise ; puis elles descendent dans le cordon latéral de la moelle sous le nom de *faisceau pyramidal latéral* ou *croisé*. Ce faisceau s'amincit de plus en plus et ses dernières fibres peuvent être suivies jusqu'au *filum terminale*.

Les fibres externes de la pyramide descendent verticalement sans s'entre-croiser. Elles forment une bandelette sur la face interne du cordon antérieur, limitant le sillon médian antérieur. Ce faisceau est le *faisceau pyramidal antérieur*, *direct*, ou *cordon de Türck*. Ses fibres s'entre-croisent au niveau de la commissure de la moelle et les plus inférieures peuvent être suivies jusqu'à l'origine du quatrième nerf sacré.

Le faisceau pyramidal direct, de même que le faisceau pyrami-

dal croisé, abandonnent quelques fibres aux cellules nerveuses des noyaux des nerfs moteurs contenus dans le bulbe.

Le faisceau pyramidal du cordon antérieur ne s'entrecroise pas au niveau du bulbe, et, pour cette raison, on l'a appelé *faisceau direct*. Mais n'oublions pas que toutes les fibres descendantes et la plus grande parties des fibres ascendantes doivent s'entre-croiser. Le faisceau direct n'échappe pas à cette loi générale, il est entre-croisé ; seulement, au lieu de s'entre-croiser dans le bulbe, comme le faisceau latéral, il s'entrecroise tout le long de la moelle épinière, par des fibres obliques et transversales, avec les fibres correspondantes du côté opposé, dans la commissure antérieure, dont il forme la plus grande partie. Après avoir traversé la commissure, les fibres de ce faisceau vont dans la corne antérieure du côté opposé, où elles s'articulent, par leurs arborisations terminales, avec les prolongements protoplasmiques des cellules motrices de la corne antérieure de la substance grise.

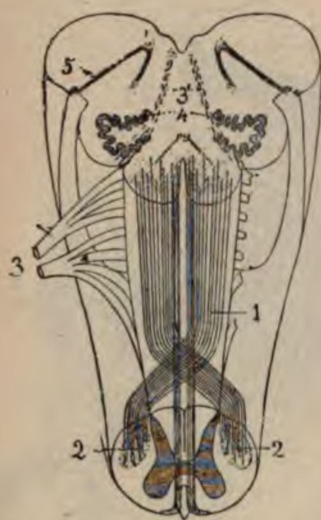


Fig. 439. — Entre-croisement des pyramides antérieures du bulbe (d'après Van Gehuchten).

1, pyramide antérieure. — 2, faisceau pyramidal latéral ou croisé. (On voit en dedans le faisceau pyramidal antérieur ou direct.) 3, g. hypoglosse. — 4, olives. — 5, facial.

Dans son trajet médullaire, le faisceau pyramidal direct fournit aussi des *branches collatérales* qui se coudent à angle droit, croisent les fibres du faisceau fondamental du cordon antérieur, et se terminent en s'articulant avec les cellules motrices de la corne antérieure du côté opposé.

Lois relatives aux fibres motrices du faisceau pyramidal ou fibres cortico-médullaires.

Première loi des fibres descendantes motrices des centres nerveux. — Aucune fibre motrice des centres nerveux ne sort de ces centres pour se continuer avec une fibre des nerfs (1).

(1) Blocq et Onanoff, *Gaz. des Hôp.*, 1892, ont compté les fibres des faisceaux pyramidaux, et ils ont trouvé 79 131 fibres nerveuses dans les deux faisceaux

Deuxième loi. — Chaque fibre motrice descendante des centres nerveux, cylindraxe d'une cellule cérébrale (*neurome moteur central*), se termine par des ramifications libres autour d'une cellule motrice de la corne antérieure de la moelle, laquelle cellule donne naissance au cylindraxe d'une fibre de nerf moteur (*neurone moteur périphérique*).

Troisième loi. — Aucune fibre motrice descendante, venue de l'encéphale, ne se termine dans la moelle sans s'être entre-croisée.

Anomalies. — Selon Flechsig, il arrive une fois sur quatre qu'il n'y a pas de faisceau pyramidal direct et que l'entre-croisement des fibres de la pyramide antérieure est complet, de sorte que le cordon latéral est très développé.

Dans d'autres cas, le faisceau direct est considérable et le faisceau du cordon latéral est très peu développé.

Dans quelques cas, l'entre-croisement est asymétrique ; les deux faisceaux d'un côté sont beaucoup plus développés que ceux du côté opposé.

Quoiqu'il en soit, les faisceaux pyramidaux n'échappent pas à la loi générale de l'*entre-croisement*.

Pathologie. — La connaissance exacte des faisceaux pyramidaux fait comprendre comment une lésion des centres moteurs, intéressant le faisceau moteur et le faisceau sensitif, une déchirure des fibres de la capsule interne, ou la destruction des centres moteurs par un ramollissement, etc., produit dans tous les cas une *paralysie* du mouvement et de la sensibilité du côté opposé (hémiplégie). Lorsqu'une lésion occupe toute l'épaisseur de la moelle, la paralysie se montre dans les membres inférieurs (paraplégie). On peut observer une *paralysie isolée* du mouvement ou de la sensibilité, comme une *monoplégie* brachiale, et une *monoplégie* d'un membre inférieur, selon le point lésé de la capsule interne.

pyramidaux d'un côté, au-dessus du renflement cervical, et 30 554 au-dessous du même renflement, d'où il résulterait que les cellules pyramidales d'un hémisphère cérébral se trouveraient en connexion avec les cellules d'origine des fibres du membre supérieur du côté opposé par 48 557 fibres nerveuses, tandis que pour la moitié inférieure du tronc et le membre inférieur, elles seraient en connexion avec 30.554 fibres. Ces chiffres sont de peu d'intérêt.

Muratoff, 1895, Déjerine et Thomas, 1896, ont constaté, dans le cas de destruction complète de l'une des capsules internes, un faisceau dégénéré descendant dans chacun des deux faisceaux latéraux. Ils en ont conclu que le faisceau pyramidal de l'encéphale se termine au bulbe en donnant trois faisceaux, le faisceau direct, le faisceau croisé, et un petit faisceau allant au cordon latéral du même côté, faisceau dont les fibres se terminent dans le côté externe de la substance grise. Ils ont nommé ce dernier faisceau *faisceau pyramidal homolatéral du cordon latéral.*

Action trophique des cellules d'origine du faisceau pyramidal. Lorsque les fibres nerveuses, ou leurs cellules d'origine, sont détruites par une cause quelconque, il se produit une dégénération secondaire, descendante, des fibres des faisceaux pyramidaux, jusqu'à leur extrémité terminale. Pitres, en 1882, et, un peu plus

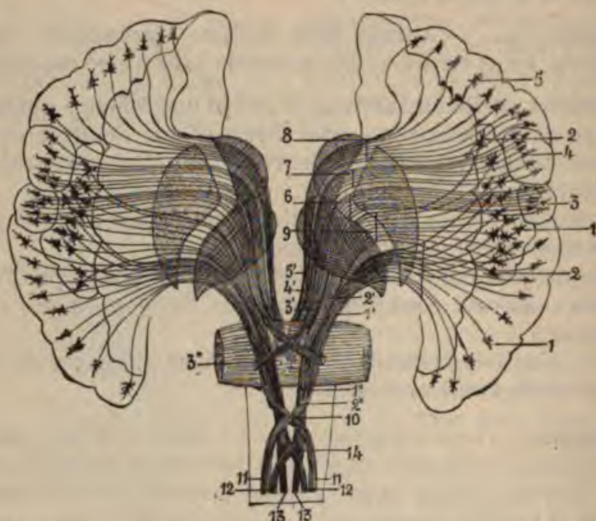


Fig. 440. — Les divers faisceaux moteurs et sensitifs traversant le cerveau de haut en bas et de bas en haut, et faisant partie de la capsule interne. La couche optique et le noyau caudé sont supposés transparents.

1, terminaison des fibres du faisceau sensitif, allant de la moelle au cerveau et fibres cortico-protubérantielles. — 1', fibres réunies en faisceau. — 1", leur entre-croisement dans le bulbe. — 2, origine des fibres du faisceau pyramidal. — 2', leur réunion en faisceau. — 2", dans le bulbe avant leur entre-croisement. — 3, 3', fibres du faisceau géniculé. — 3", entre-croisement du faisceau géniculé. — 4, 4, fibres et faisceau de l'aphasie? 5', 5, fibres et faisceau psychiques? — 6, faisceau géniculé faisant partie de la capsule interne. — 8, fibres cortico-protubérantielles antérieures. — 9, faisceau pyramidal dans le segment postérieur. — 10, faisceau pyramidal dans le bulbe. — 11, 11, faisceau sensitif ascendant de la moelle avant son entre-croisement dans le bulbe. — 12, 12, faisceau pyramidal latéral croisé (descendant). — 13, 13, faisceau pyramidal direct (descendant). — 14, point de bifurcation du faisceau pyramidal.

tard, Hallopeau, ont constaté que la dégénération secondaire du faisceau de Türck du côté opposé entraînait un certain degré de dégénération dans le faisceau de Türck du même côté. Selon Hallopeau, cette dernière dégénération est produite par le contact des fibres dégénérées du côté opposé.

Résumé du trajet du cordon antérieur de la moelle dans le bulbe. — En somme, la plus grande partie du cordon antérieur se compose de fibres courtes qui, sous le nom de *faisceau fonda-*

mental du cordon antérieur, changent de direction et se portent vers le plancher du quatrième ventricule, où elles s'adossent au faisceau de même nom du côté opposé. Puis ces fibres, sous le nom de *faisceau commissural longitudinal*, parcourent le bulbe, la protubérance et le pédoncule cérébral où nous les retrouverons.

Le *faisceau pyramidal direct*, branche externe du faisceau pyramidal principal descendant, autrement dit de la pyramide antérieure, descend à la face interne du faisceau fondamental. Ses fibres s'entre-croisent, dans la commissure, avec celles du côté opposé, et se terminent dans les cellules motrices de la corne antérieure du côté opposé. Le *faisceau pyramidal latéral*, ou croisé, forme la décussation des pyramides; il se porte en bas, en arrière et en dehors et descend le long de la moelle en abandonnant ses fibres aux cellules de la corne antérieure.

Ce qu'il ne faut pas oublier, c'est que toutes les fibres motrices de la moelle sont descendantes et viennent des centres moteurs des circonvolutions. Ces fibres motrices, volontaires, se serrent les unes contre les autres en descendant et forment dans le bulbe, la partie antérieure, ou motrice, de la pyramide antérieure. A la partie inférieure de la pyramide, elles se séparent en deux faisceaux : pyramidal direct et pyramidal croisé.



Fig. 441. — Les cordons de la moelle vus du côté droit.

1, faisceau de Burdach. — 1' noyau de Burdach. — 2, faisceau de Goll. — 2', noyau de Goll. — 3, faisceau pyramidal latéral ou croisé. — 4, faisceau fondamental du cordon latéral. — 5, faisceau fondamental du cordon antérieur. — 6, prolongement dans le bulbe du faisceau fondamental du cordon antérieur et du faisceau fondamental du cordon latéral, se continuant sous le nom de faisceau commissural longitudinal. — 7, ruban de Reil faisant suite aux fibres afférentes des noyaux de Goll et de Burdach. — 8, pyramide antérieure du bulbe — 9, faisceau pyramidal direct. — 10, faisceau pyramidal latéral ou croisé, dans le bulbe.

c. *Trajet du cordon latéral dans le bulbe.*

Nous avons vu que ce cordon se compose du faisceau fondamental du cordon latéral, du faisceau pyramidal croisé, du faisceau cérébelleux direct et du faisceau de Gowers.

Faisceau fondamental du cordon latéral. — Confondu avec le faisceau fondamental du cordon antérieur, ce faisceau, formé aussi de fibres courtes, se porte avec le précédent, en arrière et en dehors,

dans l'épaisseur du bulbe, en formant un anneau incomplet dans lequel passe le faisceau pyramidal latéral; puis il atteint le plancher du quatrième ventricule où il s'adosse à celui du côté opposé, sans s'entre-croiser, et il se porte directement vers des parties plus élevées.

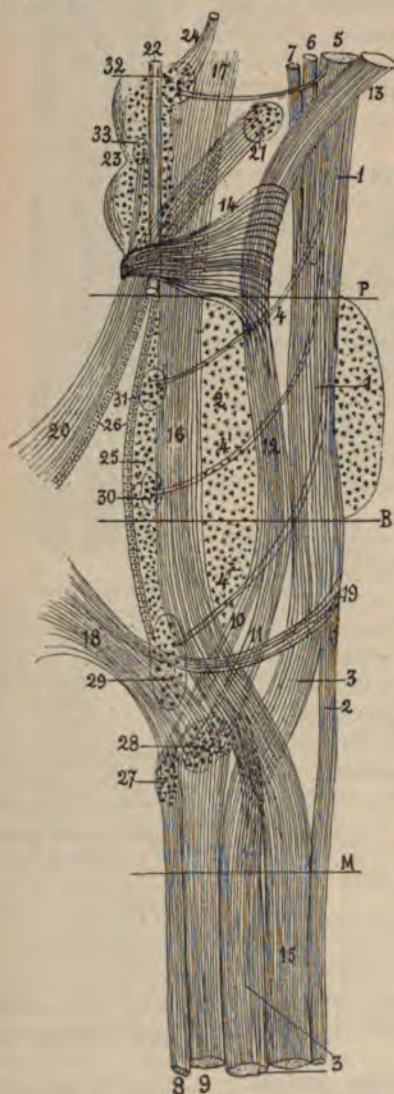


Fig. 442. — Schéma du trajet des fibres nerveuses longitudinales entre la moelle et le cerveau.

E, limite entre moelle et bulbe. — B, limite entre bulbe et protubérance. — P, limite entre protubérance et pédoncules cérébraux.

1, 1, faisceau pyramidal. — 2, faisceau pyramidal direct ou antérieur. — 3, 3, faisceau pyramidal croisé ou latéral. — 4, 4, fibres abandonnées par le faisceau pyramidal aux noyaux des nerfs moteurs. — 5, coupe du faisceau pyramidal dans la pédoncule cérébral. — 6, 7, coupe du faisceau interne du faisceau pyramidal ou faisceau géniculé. — 8, faisceau de Goll. — 9, faisceau de Burdach. — 10, 11, racines du ruban de Reil. — 12, 13, faisceau du ruban sensitif de Reil situé en dehors du faisceau pyramidal dans le pédoncule cérébral. — 14, faisceau latéral du ruban de Reil (acoustique). — 15, faisceau fondamental du cordon antérieur se confondant avec le faisceau fondamental du cordon latéral. — 16, le même faisceau dans le bulbe et la protubérance situé en arrière du ruban de Reil. — 17, sa continuation sous le nom de faisceau commissural longitudinal. — 18, pédoncule cérébelleux inférieur. — 19, fibres arciformes. — 20, pédoncule cérébelleux supérieur. — 21, noyau rouge de Stilling et terminaison du péd. cér. sup. — 22, aqueduc de Sylvius faisant suite au 4e ventricule. — 23 et 33, tubercules quadrijumeaux. — 24, 3e paire. — 25, substance grise du plancher du 4e ventricule. — 26, cellules de l'épendyme. — 27, noyau de Goll. — 28, noyau de Burdach. — 29. noyau de la 12e paire. — 30, noyau de la 7e paire. — 31, noyau de la 6e paire. — 32, noyau de la 3e paire.

Faisceau pyramidal croisé. — Si nous prenons le faisceau pyramidal croisé en sens inverse de sa conduction, c'est-à-dire de bas en haut, nous voyons ses fibres motrices volontaires prendre naissance dans les

cellules de la corne antérieure, dans toute l'étendue de la moelle. Ce faisceau commence en bas par une extrémité effilée et monte vers le bulbe en grossissant de plus en plus. Ses fibres internes, avant d'arriver au bulbe, se groupent par petits fascicules qui traversent la *formation réticulaire du bulbe*. Arrivé au bulbe, il se dirige en avant, en haut, et en dedans, s'entre-croise avec celui du côté opposé, *décussation des pyramides*, et se confond ensuite avec le faisceau pyramidal direct pour former la pyramide antérieure du bulbe.

La pyramide antérieure est donc formée par le faisceau pyramidal croisé du côté opposé, qui s'est entre-croisé au niveau de la décussation, et par le faisceau pyramidal direct du même côté, déjà entre-croisé dans la moelle.



Fig. 443. — Entre-croisement du faisceau pyramidal du cordon latéral (Coupe au collet du bulbe rachidien).

a, corne antérieure, séparée du reste de la substance grise par l'entre-croisement des cordons latéraux. — *b*, corne postérieure formant une colonne grise sensitive. — *c*, formation réticulaire de Deiters. — *c*, en avant, commissure blanche ou antérieure.

Il y a donc, dans la pyramide antérieure, des fibres volontaires qui portent aux cornes antérieures de la moelle les ordres de mouvements donnés par le cerveau. La totalité de ces fibres subit un entre-croisement, dans le bulbe pour le faisceau croisé, dans la moelle pour le faisceau direct.

Dans son trajet oblique, de la moelle au point de la décussation, le faisceau pyramidal latéral passe en dedans du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral, autrement dit dans la concavité de l'anneau formée par les faisceaux antéro-latéraux des deux côtés, anneau signalé plus haut dans la description de ces faisceaux.

Faisceau cérébelleux direct. — Ce faisceau, né de la substance grise de la moelle, dans les cellules de la *colonne de Clarke*, monte sur les côtés de la moelle en s'élargissant, ainsi que nous l'avons vu en étudiant la moelle. Arrivé au bulbe, il est situé en arrière du faisceau de Gowers; là il se divise en deux faisceaux secondaires, l'un *cérébelleux direct*, l'autre bulbaire ou *cérébelleux indirect*, tous deux destinés au cervelet.

Le *faisceau cérébelleux secondaire direct* se jette sur le corps restiforme, ou pédoncule cérébelleux inférieur, et se perd dans le cervelet avec ce pédoncule (1).

(1) Il y a souvent confusion entre le corps restiforme et le pédoncule cérébelleux supérieur. Il est logique de confondre ces deux expressions sous le nom de péd. cér. inf. Si on veut conserver le nom de *corps restiforme*, il faut

Le *faisceau cérébelleux secondaire indirect*, ou bulbaire, pénètre dans le bulbe, parallèlement aux fibres bulbaires qui partent des noyaux de Goll et de Burdach, et se jette comme ces dernières sur le ruban de Reil, dont il fait partie pendant un certain trajet. Arrivé aux tubercules quadrijumeaux postérieurs, ce faisceau abandonne le ruban de Reil, pour former le faisceau externe, ou *faisceau latéral de l'isthme*, qui se porte à l'extérieur du pédoncule cérébral, contourne la partie supérieure du pédoncule cérébelleux supérieur, et entre-croise ses fibres avec celles du côté opposé dans la valvule de Vieussens. Cet entre-croisement une fois opéré, les fibres pénètrent dans le *vermis superior* par sa face inférieure (fig. 442, 14.)



Fig. 444. — Schéma des voies longues de la sensibilité et du mouvement. (A gauche, mouvement; à droite, sensibilité, d'après Van Gehuchten.)

1, scissure inter-hémisphérique. — 2, corps calleux. — 3, cellules pyramidales des centres moteurs. — 4, substance blanche. — 5, faisceau des fibres venant des cellules pyramidales et formant la capsule interne entre 7, noyau caudé et 8, noyau lenticulaire. — 6, avant-mur. — 9, faisceau pyramidal traversant la protubérance. — 10, sa division en faisceau pyramidal direct et faisceau pyramidal croisé. — 11, 12, fibres sensitives naissant des surfaces épithéliales. — 13, 14, fibres naissant des corpuscules du tact. (Elles présentent toutes un ganglion sur leur trajet.) — 15, muscles recevant les nerfs moteurs. — 16, articulations, le long de la moelle, entre les dendrites des cellules des cornes antérieures et les panaches terminaux des cylindraxes du faisceau pyramidal croisé et du faisceau direct. — 17, faisceau moteur isolé à droite. — 18, terminaison des fibres sensitives dans la substance grise des circonvolutions. — 19, articulation des neurones centraux 17, 18, avec les neurones périphériques 20, 20. — On voit, en 20, la division des racines postérieures des nerfs en branche ascendante et branche descendante.

Faisceau de Gowers. — Les fibres de ce faisceau sensitif s'entre-croisent à leur origine sur la moelle; elles ne s'entre-croisent pas dans le bulbe. Au niveau du bulbe il est parallèle au faisceau

savoir qu'on devra donner ce nom à la partie oblique du cordon postérieur, sur les côtés du bulbe.

latéral du bulbe qu'il abandonne pour se terminer à un groupe de cellules situé au niveau de la partie inférieure de l'olive. C'est le *noyau de Bechterew*, ou *noyau latéral du bulbe*.

Les cellules du noyau latéral du bulbe fournissent des cylindraxes qui s'entourent de myéline et se dirigent vers le ruban de Reil qu'elles concourent à former. Je fais remarquer l'analogie qui existe entre le faisceau de Gowers et les faisceaux de Goll et de Burdach; son noyau est semblable à ceux de ces deux faisceaux. De tous ces noyaux partent des faisceaux de fibres sensitives, origines ou racines du ruban de Reil (voy. *Ruban de Reil*).

Résumé des rapports des fibres nerveuses de la moelle avec celles du bulbe rachidien.

Nous savons que la moelle comprend neuf faisceaux. Un faisceau du cordon postérieur n'arrivant pas au bulbe, il en reste huit. Parmi ces faisceaux, deux sont exclusivement moteurs, quatre exclusivement sensitifs et deux mixtes, douteux.

Faisceaux moteurs. — Les deux faisceaux moteurs sont les deux faisceaux pyramidaux.

Le faisceau pyramidal direct, entre-croisé dans la moelle, ne s'entre-croise pas dans le bulbe où il se confond avec le faisceau pyramidal croisé, au niveau de la décussation, pour former la *pyramide antérieure* du bulbe. Le faisceau direct forme la partie externe de la pyramide, le faisceau croisé la partie interne.

Faisceaux sensitifs. — Ce sont les faisceaux de Goll, de Burdach, de Gowers, et cérébelleux direct. Les trois premiers se terminent aux noyaux bulbaires, noyaux de Goll, de Burdach et de Bechterew. De ces noyaux, groupes de neurones sensitifs, partent des fibres centrales qui sont une véritable continuation des faisceaux et qui forment l'origine, le commencement du ruban de Reil (voy. p. 529). Ces faisceaux s'entre-croisent sur la ligne médiane, de sorte que celui du côté gauche fournit le ruban de Reil du côté droit et *vice versa*. Le faisceau de Gowers est situé sur les parties latérales du ruban de Reil.

Le raphé médian du bulbe résulte de l'entre-croisement de ces faisceaux et des faisceaux pyramidaux croisés.

Le *faisceau cérébelleux direct*, arrivé au bulbe, envoie un faisceau secondaire direct au cervelet par le pédoncule cérébelleux inférieur et un faisceau indirect qui traverse le bulbe, la protubérance, et revient au cervelet en passant par la branche externe du ruban de Reil, ou *faisceau latéral de l'isthme*.

Faisceaux mixtes. — Ce sont les *faisceaux fondamentaux du cordon antérieur et du cordon latéral* réunis en un seul. Parvenus au collet du bulbe, les faisceaux antéro-latéral droit et antéro-latéral gauche changent de direction, ils décrivent une courbe qui embrasse le faisceau pyramidal croisé et les fibres émanées des ganglions de Goll, de Burdach et de Bechterew. Puis ils s'adossent sur la ligne médiane et forment un gros faisceau situé en arrière du ruban de Reil et atteignant comme lui la protubérance et le pédoncule cérébral, sous le nom de *faisceau commissural longitudinal*, avec la *bandelette longitudinale postérieure qui en est une dépendance.*

2° Que devient la substance grise de la moelle en traversant le bulbe?

Nous avons étudié sa situation et sa forme dans la moelle, cornes et commissures.

Le changement de direction des fibres de la moelle, qui traversent le bulbe, modifie singulièrement la disposition de la substance grise. Nous verrons ce que deviennent au niveau du bulbe : 1° la commissure grise ; 2° les cornes postérieures ; 3° les cornes antérieures.

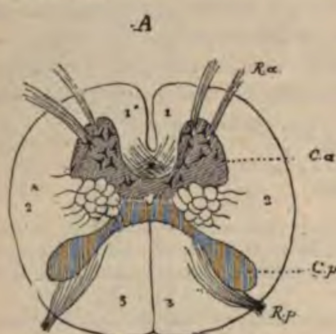


Fig. 445. — Coupe transversale de la moelle près du bulbe, au niveau du premier nerf cervical.

A, partie antérieure. — 1, 2, 3, les trois cordons de la moelle. — Ra, racines antérieures. — Rp, racines postérieures. — Ca, corne antérieure (on voit, en arrière de la corne antérieure, un angle qui est la *corne latérale*, d'où partent les racines du spinal). — Cp, corne postérieure (le sommet de cette corne est séparé de la surface de la moelle par la racine descendante du trijumeau et la substance de Rolando). Entre les deux cornes, on voit la formation réticulaire de Deiters, substance grise s'infiltrant entre les faisceaux de fibres.



Fig. 446. — Coupe du bulbe rachidien selon la ligne *b b* de la figure 429 (d'après M. Duval).

B, partie antérieure. — 1, 2, 3, les trois cordons de la moelle. — Ra, racines antérieures. — Rp, racines postérieures. — Ca, corne antérieure séparée sous forme de colonne par les cordons latéraux entre-croisés. — Ca, colonne motrice antérieure. — Ca', colonne motrice postérieure. — *x*, décussation des pyramides. — P, P, pyramides antérieures. On voit encore dans cette figure la coupe du canal central de la moelle, les commissures et la corne postérieure encore intacte. Les deux prolongements postérieurs de la substance grise sont les noyaux de Goll et de Burdach.

a. *Transformation du canal central et de la commissure grise de la moelle dans le bulbe.*

Vers le milieu du bulbe rachidien, le canal rachidien s'entr'ouvre en arrière par suite de l'écartement des deux cordons postérieurs.

De cet écartement résulte l'ouverture du canal de la moelle et la disparition de la *commissure grise postérieure* dans les parties situées au-dessus du bec du calamus scriptorium. Cette commissure cesse brusquement par une petite lamelle grise, le *verrou* ou *obex*, qui forme le bord postérieur de l'ouverture du canal de la moelle, et qu'on voit en écartant les deux faisceaux de Goll à son niveau.

Le canal de la moelle étant ouvert et la commissure grise pos-

térieure ayant disparu, par suite de l'écartement des deux cordons postérieurs, la substance grise de la moelle se trouve étalée sur le plancher du quatrième ventricule. En même temps, les cornes postérieures sont déjetées en dehors et leur base se trouve sur le plancher du quatrième ventricule, mêlée aux vestiges de la commissure grise.

b. *Transformation de la corne postérieure de la moelle dans le bulbe.*

Nous savons que la corne postérieure de la substance grise forme dans la moelle l'extrémité postérieure d'un croissant, et qu'elle représente une colonne grise longitudinale située entre le cordon postérieur et le cordon latéral.

Dans le bulbe, les cordons postérieurs de la moelle sont entre-croisés. Ils se dirigent, après avoir traversé les noyaux de Goll et de Burdach, en avant et en dedans, vers les pyramides, en décrivant une courbe à concavité interne. Les fibres de ces cordons au moment où elles se dirigent en avant, occupent une certaine étendue en hauteur ; elles ne peuvent pas se porter en avant sans passer à travers la substance grise, et sans séparer, en un mot, la *tête* de la corne postérieure par une sorte de décapitation. La tête de la corne postérieure se trouve ainsi séparée du reste de cette substance sous forme d'une *colonne grise*. Dans la moelle, cette corne était en rapport avec les nerfs sensitifs; dans le bulbe, la colonne grise, *colonne latérale sensitive*, qui continue le trajet de la corne postérieure, sera en rapport également avec des nerfs sensitifs : trijumeau, glosso-pharyngien, pneumogastrique, *noyau terminal sensitif* du pneumogastrique. C'est une partie de la tête de la corne postérieure, de la colonne grise sensitive, qui forme, à l'extérieur du bulbe, le *tubercule cendré de Rolando*, parce qu'elle est très rapprochée de la surface du bulbe rachidien.

La *base* de la corne postérieure, par suite de l'écartement de la tête, se trouve située sur le plancher du quatrième ventricule où elle forme une *colonne grise longitudinale sensitive*, continuation de la base de la corne postérieure de la moelle, en dehors d'une autre colonne grise longitudinale formée par la base de la corne antérieure, confondues toutes les deux avec la substance de la commissure grise antérieure.

c. *Transformation de la corne antérieure de la moelle dans le bulbe.*

La corne antérieure de la moelle, en atteignant le bulbe, se trouve également séparée en deux parties par l'entre-croisement

des fibres motrices du faisceau latéral de la moelle, au niveau de l'entre-croisement des pyramides. Cet entrecroisement occupe une certaine étendue en hauteur, et dans toute cette étendue, la tête de la corne antérieure se trouve séparée de sa base. Elle forme une *colonne latérale motrice* qui continue à fournir des racines nerveuses motrices; on y voit, de haut en bas, le noyau du nerf masticateur, le noyau du facial, le noyau *ambigu*, ou antéro-latéral de Stilling, celui du spinal et des fibres motrices des 9e et 10e paires craniennes, et un petit noyau, *accessoire de l'hypoglosse* (12e paire).

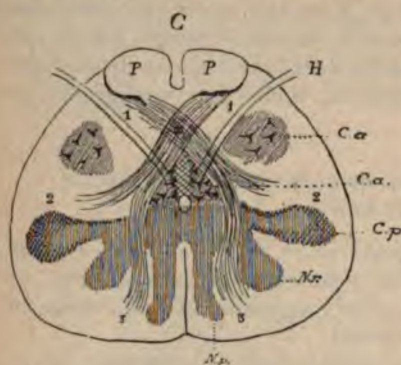


Fig. 447. — Coupe transversale du bulbe rachidien selon la ligne *cc* de la figure 429, au niveau de la partie supérieure de l'entre-croisement des fibres motrices des pyramides.

Cette figure montre l'entre-croisement des fibres sensitives de la moelle.

H. Grand hypoglosse. — *x*, entrecroisement des fibres sensitives situées en arrière du faisceau moteur de la pyramide. — 1, 2, 3, les trois cordons de la moelle. — Ca, corne antérieure séparée par l'entre-croisement des fibres motrices et formant la colonne latérale antérieure motrice. — c'a', partie inférieure du noyau du grand hypoglosse. — Cp, tête de la corne postérieure séparée de sa base par les fibres sensitives et formant la colonne latérale sensitive. — Np, noyau de Goll. — Nr, noyau de Burdach.

La base de la corne antérieure forme une colonne grise longitudinale mêlée à la substance de la commissure grise, contre la tige du calamus scriptorius, en dedans de la colonne longitudinale formée par la base de la corne postérieure. Elle donne aussi naissance à des racines motrices au moyen de divers noyaux qui sont de haut en bas : les noyaux de la 3e et de la 4e paires, le noyau commun à la 6e et à la 7e paires, le noyau de l'hypoglosse.

Colonnes grises. — Il résulte donc, de la décapitation des cornes antérieure et postérieure, la présence, dans le bulbe, de quatre *colonnes grises* : deux *latérales* et deux *centrales*.

Les *colonnes latérales* sont formées à droite et à gauche par la colonne de la tête de la corne antérieure et par la colonne de la tête de la corne postérieure. Celle de la corne antérieure est *antérieure*, motrice, l'autre *postérieure*, sensitive.

Les deux *colonnes centrales* sont situées, en dedans et en arrière, sur le plancher du quatrième ventricule ; l'interne appartient à la base de la corne antérieure (motrice), l'externe à la base de la corne postérieure (sensitive).

Ces colonnes ne sont pas bien régulières (1). Quoi qu'il en soit, elles n'en sont pas moins la continuation des diverses régions de la substance grise de la moelle ; les colonnes qui prolongent la corne postérieure étant la terminaison des nerfs sensitifs, celles qui continuent la corne antérieure donnant des nerfs moteurs.

1° La *colonne de la base de la corne postérieure* (colonne sensitive centrale) forme de bas en haut l'*aile blanche externe* et l'*aile grise* du plancher du quatrième ventricule, et, plus haut, le *locus cœruleus*. Le groupe de cellules situé dans l'aile blanche externe forme le noyau de la racine vestibulaire du nerf auditif.



Fig. 448. — Coupe du bulbe à son union avec la protubérance annulaire, montrant la substance grise du plancher du quatrième ventricule (d'après Mathias Duval).

f, fibres arciformes. — *m*, plancher du quatrième ventricule. — *n*, corps restiforme ou péd. cér. inf. — *p*, pyramide antérieure du bulbe.

5, colonne grise latérale sensitive, continuation de la tête de la corne postérieure de la moelle. — 5*a*, racine sensitive du trijumeau. — 6, moteur oculaire externe. — 6*a*, noyau commun du moteur oculaire externe et du facial. — 7, (en bas), nerf facial. — 7 (en haut), noyau du facial. — 8, nerf auditif.

A la partie inférieure de l'aile grise, on trouve le noyau terminal du glosso-pharyngien ; un peu plus haut, on rencontre le noyau terminal du pneumogastrique, ainsi que le noyau du nerf intermédiaire de Wrisberg. Dans le locus cœruleus se trouve une certaine quantité de racines du *cinquième* nerf cranien (trijumeau).

2° La *colonne de la tête de la corne postérieure* (colonne sensitive latérale) s'étend depuis l'entre-croisement bulbaire jusque dans la protubérance. A la face externe de cette colonne arrivent des fibres sensitives échelonnées, racines du trijumeau.

3° La *colonne de la base de la corne antérieure* (colonne motrice centrale) située sur le plancher du quatrième ventricule, donne naissance au grand hypoglosse (noyau de l'hypoglosse). Un peu plus haut, se trouve le noyau du moteur oculaire externe, noyau commun à ce nerf et au facial. Ce noyau forme une saillie,

(1) Elles sont divisées en plusieurs segments par les faisceaux obliques des fibres arciformes. Ces segments forment des groupes de cellules, appelés *noyaux*, et donnent naissance à des nerfs craniens, les nerfs *moteurs* naissant de la *colonne centrale interne*, et de la *colonne latérale antérieure*, les nerfs *sensitifs* étant en rapport avec la *colonne centrale externe* et avec la *colonne latérale postérieure*.

eminentia teres, sur le plancher du quatrième ventricule, de chaque côté du calamus scriptorius. Un peu plus haut, sous l'origine de l'aqueduc de Sylvius, la colonne grise motrice forme encore un groupe de cellules, noyau d'origine du moteur oculaire commun et du pathétique, tous nerfs moteurs.

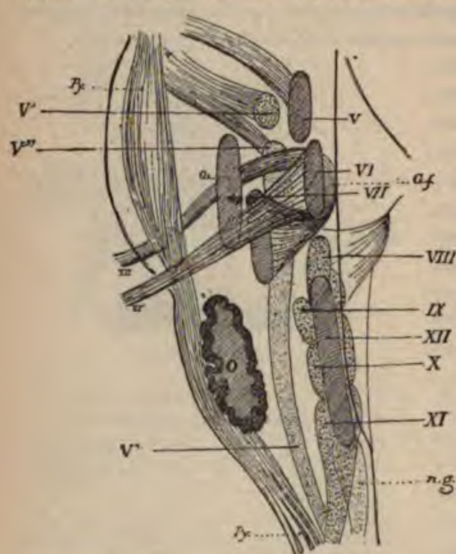


Fig. 449. — Coupe verticale et antéro-postérieure du bulbe, montrant la fragmentation des colonnes grises et la dissémination des noyaux d'origine des nerfs bulbaires (d'après Erb).

V, noyau de la 3e paire. — V', racine sensitive de la 5e paire et son noyau. — V''', racine motrice de la 5e paire et son noyau. — VI, noyau de la 6e paire. — VII, noyau du facial d'où part le *fasciculus teres* pour former en *Gf le genou (eminentia teres)*. — VIII, noyau de l'auditif. — IX, X, XI, noyau des 9e, 10e et 11e paires. — XII, noyau de l'hypoglosse.

O, olive. — Py, pyramides antérieures. — *n, g*, noyau du faisceau de Goll *funiculus gracilis*.

4° La *colonne de la tête de la corne antérieure* (colonne motrice latérale), située dans l'épaisseur du bulbe, forme plusieurs noyaux superposés et séparés les uns des autres par des fibres arciformes. Ces noyaux sont, en allant de bas en haut :

a. Le *noyau antéro-latéral* de Stilling, ou *noyau ambigu* des auteurs contemporains, noyau allongé sur lequel prennent naissance les fibres du spinal et les fibres motrices du glosso-pharyngien et du pneumogastrique ; du côté interne de ce noyau, on voit un petit groupe de cellules, *noyau accessoire* du grand hypoglosse de Mathias Duval ;

b. Le *noyau du facial*, situé au niveau de la ligne qui sépare le bulbe de la protubérance ;

c. Le *noyau du nerf masticateur* situé au centre même de la protubérance (racine motrice du trijumeau).

Résumé de la fragmentation de la substance grise du bulbe par les faisceaux des fibres. — L'écartement des cordons postérieurs de la moelle a produit la projection en dehors de la tête de la corne postérieure. Séparée de sa base par les fibres sensitives émanées des noyaux de Goll, de Burdach et de Bechterew, elle forme une *colonne sensitive latérale postérieure*, fragmentée en plusieurs noyaux par des fibres et recevant des fibres sensitives (trijumeau).

Le faisceau pyramidal latéral de la moelle, en descendant des pyramides antérieures, divise la corne antérieure en deux parties, et projette en dehors la tête de cette corne, qui forme la *colonne motrice latérale antérieure*.

De même que les cornes antérieures de la moelle donnent naissance aux fibres motrices des nerfs rachidiens, de même la colonne motrice antérieure, formée par la tête de la corne antérieure, donnera naissance à des nerfs moteurs.

— La base des deux cornes, par suite de la séparation de leur tête et de l'écartement des cordons postérieurs de la moelle, se trouve située sur le plancher du quatrième ventricule, où elle forme deux colonnes juxtaposées



Fig. 450. — Coupe transversale du bulbe d'une souris nouvellement née (d'après Cajal). Côté droit, plan inférieur de la coupe (au niveau de la ligne *cc* de la figure 429).

A, noyau du facial. B, pyramide antérieure. — D, racine spinale du trijumeau. — E, cellules du noyau spinal du trijumeau dont quelques cylindraxes vont au côté opposé. — F, racines des 9e et 10e paires. — H, noyau terminal de ces deux nerfs. — I, voie centrale bulbo-corticale. — L, L, cellules de névroglie. — O, pédoncule cér. inf.

1° Une *colonne interne motrice*, base de la corne antérieure, longeant la tige du calamus, et formant de bas en haut trois groupes cellulaires ou noyaux;

2° Une *colonne externe sensitive*, base de la corne postérieure, située en dehors de la précédente, et fournissant de bas en haut les noyaux terminaux de la racine vestibulaire de l'*auditif* (aile blanche externe), des filets sensitifs du *glosso-pharygien* et du *pneumogastrique* (aile grise) et de quelques racines du *trijumeau* (locus cœruleus).

Voir les figures des coupes du bulbe rachidien pour compléter cette étude.

Relations des cellules des noyaux d'origine des nerfs. — 1° Les cellules des noyaux des six nerfs craniens moteurs, 3e, 4e, 6e, 7e, 11e et 12e paires craniennes sont interposées aux fibres descen-

dantes du faisceau pyramidal et aux fibres des nerfs moteurs. Le cylindraxe des fibres du faisceau pyramidal se ramifie autour des cellules et s'articule avec leurs prolongements protoplasmiques. De ces cellules part un cylindraxe qui se porte vers la périphérie du nerf. On voit quelle analogie il y a entre ces relations et celles du faisceau pyramidal avec les nerfs moteurs rachidiens.

2° Les cellules des noyaux des trois nerfs craniens sensitifs, 5ᵉ, 9ᵉ et 10ᵉ paires craniennes reçoivent les racines venues des ganglions

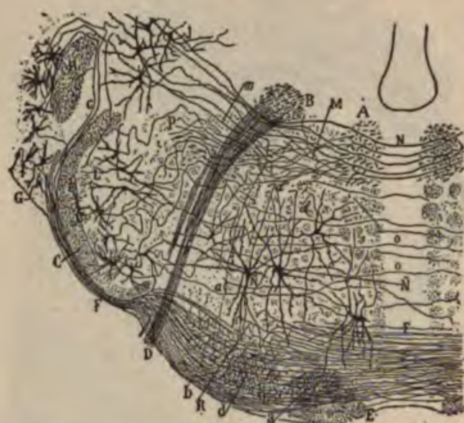


Fig. 451. — Coupe du bulbe d'une souris au niveau du ganglion de Deiters et du corps trapézoïde (d'après Cajal). Côté droit et plan inférieur de la coupe.

A, faisceau longitudinal postérieur. — B et D, noyau et racines du facial. — C, racine spinale du trijumeau. — E, pyramide antérieure. — I., noyau de la racine spinale du trijumeau. F, fibres du corps trapézoïde. — G, noyau accessoire. — H, pédoncule cérébelleux inférieur. — J, noyau de Deiters, à gauche, en dedans du pédoncule cérébelleux inférieur. — M, noyau de la 3ᵉ paire. — N, fibres transversales. — P, voie sensitive bulbo-corticale.

de ces nerfs et envoient leurs cylindraxes dans le faisceau sensitif central qui se dirige vers le cerveau. Ces cellules et leurs prolongements constituent, les ascendantes, les *neurones sensitifs centraux*, les périphériques, les *neurones sensitifs périphériques*. Ces cellules forment une colonne grise sur le plancher du quatrième ventricule, en dehors de la colonne motrice située en dedans, contre la tige du calamus.

Cellules nerveuses isolées. — Indépendamment des groupes de cellules nerveuses formant les divers noyaux des nerfs, il existe dans le bulbe des cellules nerveuses disséminées entre les fibres nerveuses. Ces cellules, analogues aux cellules des cordons de la

moelle épinière, sont l'origine de fibres ascendantes ou descendantes, et quelquefois leur cylindraxe se bifurque pour donner naissance à une fibre ascendante et à une fibre descendante.

Groupes indépendants des colonnes grises. — On trouve plusieurs groupes de cellules nerveuses dans l'épaisseur du bulbe ou à sa surface.

1° A la surface du bulbe sur une coupe faite immédiatement au-dessous de la protubérance, on voit un petit noyau, une sorte de ganglion, sur le trajet de la *racine externe* ou *cochléaire* de l'acoustique, c'est le *tubercule latéral* de l'acoustique.



Fig. 452.— Coupe du bulbe à cinq millimètres au-dessus du bec du calamus, selon la ligne *ee* de la figure 429 (d'après Van Gehuchten).

1, pyramide antérieure. — 2, pédoncule cérébelleux inférieur. — 3, racine descendante de l'acoustique. — 4, noyau principal. — 5, barbes du calamus, stries acoustiques. — 6, glosso-pharyngien. — 7, tubercule latéral. — 8, fibres de l'acoustique. — 9, racine interne de l'acoustique. — 10, raphé médian. — 11, formation réticulaire.

2° Au même niveau, sous le plancher du quatrième ventricule, on voit une masse grise volumineuse, sous-jacente aux barbes du calamus ; c'est le *noyau dorsal* ou *principal* de l'acoustique.

3° Au même niveau, en dedans de la base de la pyramide antérieure, près du trou borgne, on aperçoit un petit noyau gris, *noyau arciforme*, sorte de traînée de substance grise sur le trajet des fibres arciformes.

Détails complémentaires de la structure du bulbe.

Pour compléter la structure du bulbe, il nous reste à étudier le ruban de Reil, la formation réticulaire de Deiters, l'appareil olivaire et l'appareil arciforme.

Le *ruban de Reil* sera étudié avec la protubérance annulaire.

Formation réticulaire du bulbe. — On donne ce nom à un réseau de substance grise, déjà signalé dans la moelle, aux environs de la corne latérale, au travers duquel passent des fibres blanches.

Ce réseau est étendu entre les pyramides et le plancher du quatrième ventricule ; sur les côtés, il s'étend jusqu'au corps restiforme. La portion de ce réseau située en dehors des fibres du grand hypoglosse est appelée *formation réticulaire blanche* ; celle qui est en dedans, plus riche en cellules, est la *formation réticulaire grise*.

Les cellules nerveuses de cette dernière sont disséminées et constituent le *noyau diffus* de Kölliker. En quelques points, cependant, les cellules paraissent se grouper. C'est ainsi qu'un noyau, appelé *noyau de Bechterew*, se trouverait sur le trajet des fibres sensitives du faisceau de Gowers ; c'est ainsi également,



Fig. 453. — Coupe du bulbe passant par l'aile grise et les ailes blanches, un peu au-dessous de la partie moyenne selon la ligne *ee* de la figure 429.

1, noyau et racine de l'acoustique. — 2, racines du glosso-pharyngien et du pneumogastrique. — 3, noyau du glosso-pharyngien. — 4, pédoncule cérébelleux inférieur. — 5, facial. — 6, son noyau profond. — 7, fibres arciformes. — 8, pyramide antérieure. — On voit dans cette figure la partie inférieure du noyau de l'hypoglosse.



Fig. 454. — Appareil olivaire. Coupe du bulbe au niveau de l'éminentia teres. (Van Gehuchten).

1. pédoncule cérébelleux inférieur d'où part le faisceau olivaire. — 2, olive. — 3, entre-croisement des fibres blanches qui sortent de l'olive. — 4, raphé. — 5, noyau commun de la 6e paire et de la 7e. — 6, noyau de l'hypoglosse. — 7, facial. — 8, son noyau profond. — 9, faisceau cérébelleux de l'olive.

qu'on a décrit dans cette région le *noyau de Roller* et, à la partie interne du pédoncule cérébelleux inférieur, le *noyau de Deiters*. Ces divers noyaux sont d'une importance très secondaire, car ils ne sont pas constants et il est difficile de dire quelles fibres y arrivent et quelles fibres en émanent.

Appareil olivaire. — Cet appareil n'a qu'une importance anatomique, attendu qu'on ne possède que des données incertaines sur ses fonctions. Il se compose de l'olive et de quelques faisceaux nerveux.

L'*olive bulbaire*, ou *olive inférieure*, saillie oblongue, déjà signalée à la surface du bulbe, en dehors de la pyramide, renferme à son centre une sorte de membrane plissée, présentant à la partie interne une ouverture, ou *hile*. Cette membrane plissée,

d'une couleur gris jaunâtre, est formée de petites cellules nerveuses donnant un cylindraxe et trois à cinq prolongements protoplasmiques.

L'olive est reliée à la moelle, au cervelet et au cerveau par des faisceaux de fibres. L'intérieur de l'olive est rempli de substance blanche.

Le *faisceau cervical* s'étend des cornes antérieures du renflement cervical de la moelle à l'extrémité inférieure de l'olive. Décrit par Bechterew, en 1894, le faisceau cervical de l'olive ne se myélinise qu'après la naissance.

Le *faisceau cérébral*, décrit en 1881 par Vernicke, et un peu plus tard par Bechterew, naît de la partie supéro-externe de l'olive, se porte en haut et en dedans et traverse la protubérance et le pédoncule cérébral où il occupe la région de la calotte. Puis, côtoyant la face interne du noyau rouge de Stilling, il disparaît dans la substance grise du troisième ventricule. Sa myélinisation est aussi tardive que celle du faisceau précédent.

Le *faisceau cérébelleux* est formé de fibres qui cheminent dans le pédoncule cérébelleux inférieur et qui font partie des fibres arciformes.

Substance blanche intérieure de l'olive. — De la face interne de l'olive partent des fibres nerveuses qui sortent par l'ouverture ou hile, et s'entre-croisent sur la ligne médiane avec celles du côté opposé. La plupart de ces fibres entrent dans la constitution du faisceau cérébelleux de la moelle.

La destruction d'un hémisphère du cervelet produit l'atrophie de l'olive du côté opposé, par suite de la dégénérescence des *fibres cérébello-olivaires*. Kölliker admet des fibres cérébello-olivaires *directes*, allant à l'olive du même côté, et des fibres *indirectes*, allant à l'olive du côté opposé.

Parolives (1). — On donne ce nom à deux petits amas de substance grise situés en dehors et en dedans de l'olive.

La *parolive externe* est située entre la face externe de l'olive et la tête de la corne antérieure. La *parolive interne* est située entre la face interne de l'olive et la pyramide antérieure.

Appareil arciforme. — Les fibres arciformes du bulbe peuvent être comparées a des liens plus ou moins circulaires, embrassant les fibres longitudinales du bulbe.

Origine. — Ces fibres naissent sur le pédoncule cérébelleux inférieur.

(1) Synonyme. *Noyaux juxta-olivaires, olives accessoires* de quelques auteurs, *noyaux pyramidaux*.

Trajet. — De là, elles se dirigent vers le bulbe et se divisent en deux groupes : fibres arciformes externes, fibres arciformes internes.

Fibres arciformes externes. — Les unes, *postérieures*, se dirigent en bas et en dedans, pénètrent entre les fibres du corps restiforme, paraissant faire suite au cordon postérieur de la moelle, et se jettent dans les cellules des noyaux de Goll et de Burdach. Nous avons déjà décrit ces fibres en parlant de ces noyaux.

Les autres fibres arciformes externes, *antérieures*, viennent de la partie externe du pédoncule cérébelleux inférieur, contournent la face externe du faisceau latéral, celle de la moitié inférieure de l'olive et de la pyramide antérieure. Elles pénètrent ensuite dans le sillon médian antérieur, et s'entre-croisent dans la profondeur du bulbe avec celles du côté opposé, pour concourir à la formation du raphé médian du bulbe. Ces fibres, très variables en nombre, envoient souvent un faisceau entre la pyramide et l'olive.

Après leur entre-croisement sur la ligne médiane, elles vont se terminer dans les noyaux de Goll et de Burdach, surtout dans les noyaux du côté opposé, noyaux qu'on peut considérer comme l'origine des fibres arciformes.

Les fibres arciformes sont un système de fibres d'association entre les hémisphères cérébelleux et la substance grise du bulbe.

Fibres arciformes internes. — Ces fibres, à trajet variable, naissent également du pédoncule cérébelleux inférieur et se dirigent vers le bulbe. Elles pénètrent, les unes dans l'olive, les autres dans le faisceau latéral, d'autres dans les sillons du bulbe et elles vont s'entre-croiser sur la ligne médiane (raphé), faisant partie de la formation réticulaire, pour se terminer, au côté opposé du bulbe, dans l'olive (faisceau cérébello-olivaire), et dans les noyaux de Goll et de Burdach.

Vaisseaux du bulbe. — *Artères.* — Les *artères* du bulbe, comme celles de la moelle, sont médianes, radiculaires, et périphériques.

Les *artères bulbaires médianes* naissent des vertébrales et des spinales. Les *antérieures* pénètrent dans le sillon médian antérieur et se portent directement au plancher du quatrième ventricule, formant une échelle à bâtons parallèles (fig. 455). Elles se terminent dans la substance grise du plancher et fournissent, dans leur trajet, des collatérales aux groupes de cellules contenues dans le bulbe. Les *postérieures*, plus petites, viennent des spinales postérieures et s'engagent dans le sillon médian postérieur; les plus élevées se terminent au bec du calamus.

Les *artères radiculaires* se jettent sur les nerfs un peu en dehors de leur point d'émergence. Elles donnent une *branche cen-*

trale qui suit les fibres nerveuses jusqu'à leur noyau d'origine, où elles se terminent en un réseau capillaire, qui s'anastomose avec celui des artères médianes. Elles donnent également une branche périphérique qui accompagne le nerf vers sa terminaison.

Les *artères périphériques* sont des branches artérielles qui naissent des artères du voisinage : les unes pénètrent dans la substance blanche de la surface du bulbe ; les autres, plus abondantes, vont à la substance grise du plancher du quatrième ventricule, après avoir cheminé dans les plexus choroïde et dans la toile choroïdienne.

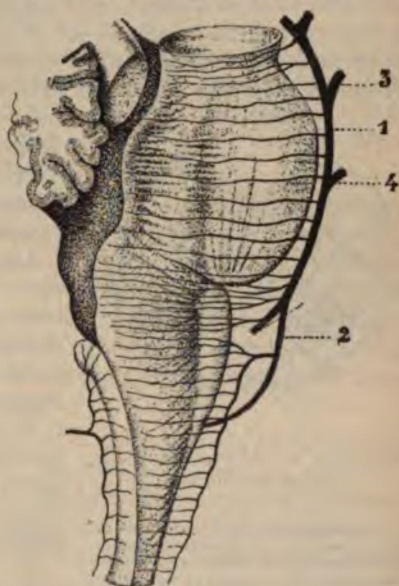


Fig. 455. — Artères médianes du bulbe et de la protubérance (d'après Duret).

1, tronc basilaire. — 2, vertébrale gauche. — 3, cérébelleuse supérieure. — 4, cérébelleuse inférieure.

Veines. — Un réseau veineux entoure le bulbe et communique avec celui de la protubérance et du cervelet. On y distingue une *veine médiane antérieure* réunissant celle de la moelle à une veine analogue protubérantielle. Elle reçoit les veines médianes du bulbe qui accompagnent les artères de même nom. Une veine médiane postérieure existe en arrière ; elle vient se terminer dans des veines plus volumineuses ou dans des sinus de la base du crâne, parfois après s'être bifurquée. On constate aussi la présence de *veines radiculaires*, accompagnant les artères de même nom. La plus volumineuse est la *veine de l'hypoglosse*. Toutes les veines du bulbe sont *dépourvues de valvules*.

Lymphatiques. — Ils sont inconnus.

Fonctions du bulbe.

Si l'on voulait décrire les fonctions du bulbe, un volume ne suffirait pas. Je me contenterai donc d'en donner un résumé.

1° **Fibres nerveuses.** — *a.* L'excitation des pyramides antérieures produit des mouvements de conduction, et de la douleur ;

la partie postérieure ou profonde des pyramides antérieures est douée d'une vive sensibilité, puisqu'elle est formée par la continuation du cordon postérieur de la moelle.

b. On est mal fixé aujourd'hui sur l'effet des excitations des parties latérales du bulbe : olives, faisceaux latéraux.

c. Le corps restiforme était considéré autrefois comme extrêmement sensible et faisant suite directement aux fibres des cordons postérieurs de la moelle. Il est démontré aujourd'hui que les cordons postérieurs pénètrent profondément dans le bulbe et que les corps restiformes sont des fibres cérébelleuses qui se continuent avec les fibres arciformes du bulbe. Les corps restiformes, selon Vulpian, sont sensibles et excito-moteurs. Il en est de même des pyramides postérieures.



Fig. 456. — Artères du bulbe, coupe horizontale.

1, spinales postérieures donnant divers rameaux. — 2, vertébrales fournissant des rameaux bulbaires, principalement une artère au grand hypoglosse, une au nerf pneumogastrique et une à l'olive. — 3, artère spinale antérieure fournissant une bulbaire médiane.

L'action des excitations est *croisée*. Il en résulte que toutes les lésions unilatérales de l'encéphale donnent une *paralysie* du mouvement et de la sensibilité dans le *côté opposé* du corps.

Le bulbe renferme un certain nombre de fibres appartenant aux *nerfs bulbaires*, de sorte qu'une lésion de ces fibres produit une *paralysie des nerfs*.

Substance grise. — La substance grise forme le plancher du quatrième ventricule et les noyaux des nerfs.

Centres réflexes. — Autant de nerfs moteurs dans le bulbe, autant de centres réflexes.

Chacun des *noyaux d'origine* préside à la fonction du nerf qui en émane, et la lésion de ce noyau entraîne la diminution ou la cessation des fonctions du nerf.

Chaque noyau est le centre du nerf correspondant. Comment n'être pas frappé de la réunion des noyaux d'origine d'un si grand nombre de nerfs dans un espace aussi restreint! La plus simple lésion, vitale ou traumatique, de cette portion des centres nerveux est suivie d'une mort rapide, sinon foudroyante.

Centre respiratoire. Nœud vital. — Au tiers supérieur du bulbe, on trouve le noyau d'origine du pneumogastrique, dont la lésion

brusque suspend instantanément les mouvements respiratoires et produit la mort subite chez les animaux à sang chaud. C'est là le *centre respiratoire*.

Ce qui prouve que c'est bien la suppression du centre où s'enchaînent les mouvements respiratoires qui entraîne la mort, c'est qu'on peut prolonger la vie de l'animal qu'on vient de tuer en pratiquant la respiration artificielle.

Centre réflexe de la déglutition. — L'excitation de l'isthme du gosier par le bol alimentaire est transmise au bulbe par les filets sensitifs du glosso-pharyngien et du pneumogastrique. L'acte réflexe est réfléchi de la substance grise du bulbe vers les filets moteurs qui naissent du sillon latéral du bulbe.

Clignement. — Mais il est à remarquer qu'il existe un *synchronisme* parfait dans le fonctionnement de certains nerfs bulbaires, synchronisme qu'il s'agit d'expliquer. Ainsi le clignement réflexe des paupières se trouve dans ce cas. Cela dépend de ce que les deux noyaux du facial sont solidaires par des fibres qui vont de l'un à l'autre, en s'entre-croisant. Ce qui prouve que c'est bien là la raison, c'est que si on fait une incision médiane verticale dans le bulbe, ce synchronisme est aboli.

Action du bulbe sur le cœur. — L'excitation du bulbe par un fort courant d'induction produit un arrêt du cœur en diastole. Est-ce en agissant sur le noyau du pneumogastrique ? Toujours est-il que l'excitation du pneumogastrique, nerf modérateur du cœur, produit l'arrêt de cet organe en diastole. Mais il ne faut pas oublier que ce nerf a reçu l'anastomose de la branche interne du spinal, et que l'arrêt est probablement dû aux fibres du spinal plutôt qu'à celles du pneumogastrique.

Action du bulbe sur les sécrétions. — Cl. Bernard a démontré la présence de centres sécrétoires sur le plancher du quatrième ventricule (voy. *Quatrième ventricule*).

Centre vaso-moteur. — D'après Schiff, le bulbe est le siège d'un *centre vaso-moteur* unique. Vulpian a contesté l'assertion de Schiff et il a montré que le centre tonique des vaso-moteurs siège dans toute l'étendue de la substance grise de la moelle et du bulbe. De même que la substance grise de la moelle tient sous sa dépendance la *tonicité musculaire* des muscles striés, de même elle gouverne le *tonus vasculaire*. Les parois artérielles sont dans un état permanent de tension, de demi-contraction, et ce qui le prouve, c'est que les vaisseaux se dilatent quand on coupe leurs nerfs vaso-moteurs.

Paralysies alternes. — La disposition de la substance nerveuse

dans le bulbe permet d'interpréter sainement le phénomène de la *paralysie alterne* (Gubler). Nous savons que l'entre-croisement des fibres motrices du bulbe à la partie inférieure des pyramides et des fibres sensitives immédiatement au-dessus, explique pourquoi une lésion des centres nerveux, située au-dessus de l'entre-croisement produit une hémiplégie du côté opposé. Or, si cette lésion, siégeant à la protubérance ou au bulbe, affecte en même temps le nerf facial du même côté que la lésion, on comprend que la paralysie faciale siégera du côté de la lésion, tandis que la paralysie des membres sera du côté opposé. C'est ce qu'on appelle la *paralysie alterne*.

Bulbites. — La substance grise du bulbe peut être le siège de processus irritatifs comme celle de la moelle. On les observe moins fréquemment que les myélites, parce qu'ils sont de plus courte durée dans le bulbe. Un homme que je considère comme un génie, parce qu'il a fait d'importantes découvertes dans les maladies du système nerveux sans avoir à sa disposition les matériaux que possèdent les médecins des hôpitaux et les professeurs, Duchenne, de Boulogne, a découvert une inflammation chronique et simultanée de plusieurs noyaux du bulbe. Il a décrit de main de maître cette affection à laquelle Trousseau donna le nom de *paralysie glosso-labio-laryngée*. Dans ce cas, le processus irritatif affecte particulièrement les noyaux du masticateur, du facial inférieur, du spinal et surtout du grand hypoglosse. Les cellules dégénèrent et peuvent disparaître complètement. On comprend que ces malades aient une paralysie de la langue et de l'orbiculaire des lèvres, de l'enrouement, de l'étouffement, des syncopes, etc.

§ 2. — PROTUBÉRANCE ANNULAIRE

J'ai dit, en commençant la description du bulbe rachidien, que la *vésicule cérébrale postérieure primitive* donne naissance au *cerveau rhomboïdal*, ou *rhombencéphale*, qui comprend toutes les parties de l'encéphale entourant le quatrième ventricule. Cette vésicule se divise en deux vésicules secondaires qui forment l'arrière cerveau, *moelle allongée*, ou *myélencéphale*, et le cerveau postérieur, ou *métencéphale*, qui comprend la protubérance annulaire et le cervelet.

Le cerveau rhomboïdal contient encore l'*isthme du rhombencéphale*, c'est-à-dire les pédoncules cérébelleux supérieurs, la valvule de Vieussens, en un mot les diverses parties qui entourent la partie supérieure du quatrième ventricule.

L'expression *isthme de l'encéphale* employée par la plupart des auteurs, pour désigner les parties intermédiaires au cerveau, au cervelet et au bulbe, n'a aucune signification. Il est préférable d'adopter une division basée sur l'embryologie. Je décrirai donc successivement la protubérance, le cervelet avec ses pédoncules et le quatrième ventricule.

La protubérance annulaire, appelée encore *mésocéphale*, ou *pont de Varole*, (1), située presque au centre de la base de l'encéphale, est une sorte de nœud, de point d'entre-croisement des fibres verticales qui unissent la moelle et le bulbe rachidien au cerveau, et des fibres transversales qui unissent les deux hémisphères du cervelet.



Fig. 457. — Coupe de la protubérance au niveau de l'émergence du trijumeau.

P, P, faisceau pyramidal, continuation de la pyramide antérieure du bulbe. — T, T, trijumeau. — C*p*, extrémité supérieure de la colonne grise sensitive latérale, continuation de la corne postérieure de la moelle, d'où nait la racine sensitive du trijumeau. — L. *c*, locus cœruleus. — N, *ma*, racine motrice du trijumeau, ou nerf masticateur, naissant à l'extrémité supérieure de la colonne grise motrice latérale, continuation de la tête des cornes antérieures de la moelle.

Si on l'isole du reste de l'encéphale au moyen d'un instrument tranchant, on remarque qu'elle représente un cube avec ses six faces.

La *face antérieure*, bombée en avant, présente des stries transversales formées par des fibres nerveuses. On y voit un raphé médian et un sillon médian vertical séparant deux saillies verti-

(1) Varole (Constantin), né en 1543, mort en 1575 ; professeur à Bologne, puis à Rome ; a le premier disséqué l'encéphale en commençant par la base. « Je vois, dit *Varole*, la moelle épinière se porter au-dessous de l'éminence transversale, comme l'eau contenue dans un canal passe par dessous un pont. Cette comparaison donne lieu, dit Varole, d'appeler l'éminence transversale le *pont du cervelet* ».

cales correspondant aux pyramides antérieures du bulbe qui traversent la protubérance. Cette face est séparée de la gouttière basilaire de l'occipital par le *tronc basilaire*. On y remarque l'origine du trijumeau, au point de réunion de la face antérieure et du pédoncule cérébelleux moyen.

La *face postérieure*, aplatie, fait suite à celle du bulbe rachidien, et forme la moitié supérieure du plancher du quatrième ventricule. Nous la retrouverons en décrivant ce plancher.



Fig. 458. — Coupe de la protubérance annulaire près de son bord inférieur, au moment où les pyramides arrivent au contact.

a, portion motrice de la pyramide antérieure. — *b*, portion sensitive de la pyramide. — *c*, prolongement des cordons antéro-latéraux de la moelle. — *d*, racine descendante du trijumeau. — *e*, bandelette longitudinale postérieure. — *f*, facial avec son noyau inférieur.

Les *faces latérales* se continuent avec les pédoncules cérébelleux moyens.

La *face supérieure* se continue avec les pédoncules cérébraux.

La *face inférieure* se continue avec le bulbe. On voit, en avant, le *sillon bulbo-protubérantiel* qui les sépare.

Ses *dimensions* sont les suivantes : d'un côté à l'autre 35 millimètres, d'avant en arrière 25 millimètres, de haut en bas 26 à 28 millimètres.

La protubérance annulaire dépend en grande partie du cervelet, plus que du cerveau. Elle est très réduite chez les animaux qui ont les hémisphères cérébelleux peu développés. Elle est au contraire volumineuse, chez les mammifères qui ont des hémisphères cérébelleux volumineux. Comme le cervelet, elle acquiert son plus grand développement chez les primates et surtout chez l'homme. L'atrophie des hémisphères cérébelleux entraîne celle de la protubérance.

Structure.

La protubérance est un mélange de fibres transversales, la plupart cérébelleuses, de fibres longitudinales ascendantes et descendantes, de substance grise et de vaisseaux sanguins.

1° *Fibres transversales de la protubérance.*

Les plus nombreuses viennent du *cervelet*, quelques-unes appartiennent au *corps trapézoïde*.

Fibres cérébello-protubérantielles. — Ces fibres, qui forment une commissure transversale entre les deux pédoncules cérébelleux moyens, sont croisées par les fibres longitudinales qui montent du bulbe au cerveau ou qui descendent du cerveau au bulbe.

Les fibres cérébello-protubérantielles, qui font toutes partie du pédoncule cérébelleux moyen, se comportent de trois manières différentes : 1° les unes s'étendent en forme d'anses, entre les deux hémisphères du cervelet, sans entrer en relation avec la substance grise de la protubérance ; 2° d'autres arrivent à la ligne médiane, s'entre-croisent avec des fibres semblables du côté opposé

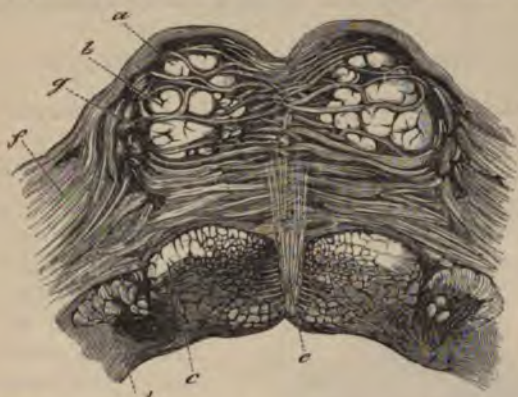


Fig. 459. — Coupe de la protubérance au niveau de son tiers moyen.

a, *b*, Pyramides antérieures, traversées par des fibres transversales. — *c*, portion sensitive des pyramides et faisceau longitudinal. — *d*, racine descendante du trijumeau. — *e*, fibres blanches antéro-postérieures. — *f*, fibres des pédoncules cérébelleux moyens. — *g*, noyau du pont.

et se terminent aux cellules des *noyaux du pont* du côté opposé, en formant une sorte de raphé. Foville comparait ce raphé à la raie d'une tête bien peignée, et les fibres transversales aux cheveux formant deux bandeaux, et se terminant par deux nattes qui sont les pédoncules cérébelleux moyens (comparaison juste) ; 3° les autres n'arrivent pas à la ligne médiane et se jettent dans les cellules de la substance grise du même côté, c'est-à-dire dans les *noyaux du pont*.

Fibres du corps trapézoïde. — On appelle corps trapézoïde un petit ruban de forme quadrilatère situé sur la face antérieure du bulbe au-dessus des olives. Très apparent chez la plupart des animaux, le corps trapézoïde est, en grande partie, caché chez

l'homme par les fibres inférieures de la protubérance. C'est pour cette raison qu'on le décrit dans cette région.

Le corps trapézoïde est formé par des fibres transversales mettant en communication les deux noyaux antérieurs de la branche cochléaire du nerf auditif. Ces fibres se terminent dans les cellules de l'olive du même côté et dans celles du côté opposé en s'entre-croisant.

Ce faisceau de fibres transversales va donc d'un côté à l'autre, mais il n'est apparent qu'au-dessus des olives, parce que, plus en dedans, les pyramides sont situées au-devant de lui.

Sur le trajet de ces fibres, en dedans de l'olive, on trouve un groupe de cellules nerveuses qu'on a nommé *noyau trapézoïde*.

2° *Fibres longitudinales de la protubérance.*

Ces fibres sont descendantes ou motrices, ascendantes ou sensitives, et indéterminées.

Fibres longitudinales descendantes, motrices. — Ce sont les fibres, déjà décrites plusieurs fois, appartenant au *faisceau pyramidal* et au *faisceau géniculé*, faisceaux moteurs volontaires. Ces deux faisceaux, venus des circonvolutions cérébrales, descendent parallèlement, font partie de la capsule interne et parcourent le pédoncule cérébral. Dans la protubérance, le faisceau géniculé est situé en arrière et en dedans du pyramidal. Ces faisceaux diminuent de volume en descendant, parce qu'ils abandonnent des fibres à la substance grise qu'ils rencontrent. Celles qui s'arrêtent dans la protubérance sont les *fibres cortico-protubérantielles* (1). Le faisceau géniculé s'épuise dans la protubérance et dans le bulbe.



Fig. 460. — Coupe transversale de la protubérance au-dessus de l'origine du trijumeau (d'après Van Gehuchten).

1, 1, couche médiane des fibres sensitives, portion interne du ruban de Reil. — 2, quatrième ventricule. — 3, pédoncule cérébelleux supérieur. — 4, racine ascendante du trijumeau. — 5, locus cœruleus. — 6, bandelette longitudinale postérieure. — 7, couche latérale des fibres sensitives, portion externe du ruban de Reil — 8, noyau latéral.

Le faisceau pyramidal continue son trajet jusqu'à la moelle,

(1) Les *fibres cortico-protubérantielles* sont étendues des noyaux du pont à l'écorce grise des circonvolutions cérébrales (centres sensitivo-moteurs). Elles sont sensitives et Déjerine a récemment démontré que la destruction de leur

tandis que le faisceau géniculé se termine dans les noyaux des nerfs moteurs de la protubérance et du bulbe. Il se jette, après s'être entre-croisé avec celui du côté opposé, dans les noyaux d'origine du nerf moteur oculaire externe, du masticateur (racine motrice du trijumeau), du facial, du grand hypoglosse, du spinal et des filets moteurs du glosso-pharyngien et du pneumogastrique.

La pyramide forme un faisceau serré à la partie inférieure de la protubérance, mais à la partie supérieure elle est traversée et légèrement dissociée, par des fibres transversales.

Fibres longitudinales ascendantes sensitives. — Ces fibres appartiennent au ruban de Reil (voir sa description un peu plus loin). Elles sont situées entre le faisceau pyramidal, qui est en bas et en avant, et la continuation du faisceau commissural longitudinal qui est en arrière.

Fibres indéterminées. — Ces fibres sont la continuation du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral, ou faisceau commissural longitudinal. On n'est pas bien fixé sur leur nature ; les uns les disent motrices, les autres sensitives. Ces fibres sont disposées sous forme de petits faisceaux de fibres qui traversent la formation réticulaire.

Bandelette longitudinale postérieure. — Parmi ces fibres se trouve la *bandelette longitudinale postérieure* née dans le bulbe et située en arrière du faisceau précédent.

point d'arrivée dans les circonvolutions n'entraîne pas leur dégénération. Leur centre trophique est donc dans la protubérance

Il faut distinguer les fibres cortico-protubérantielles antérieures et postérieures.

Les fibres *cortico-protubérantielles postérieures* naissent des noyaux du pont. Ces fibres forment dans le pédoncule cérébral un faisceau assez compacte qui occupe le pied du pédoncule, en dehors du faisceau pyramidal. Les fibres cortico-protubérantielles postérieures passent dans la région sous-thalamique, puis au-dessous du noyau lenticulaire, en se dissociant, pour se terminer dans les cellules de la substance corticale des deuxième et troisième circonvolutions temporales. Le faisceau des fibres cortico-protubérantielles est appelé souvent *faisceau* de *Meynert*. Ces fibres sont parallèles à celles du *faisceau sensitif* fournies par le ruban de Reil, et situées comme ces dernières à la partie externe du pied du pédoncule.

Les fibres *cortico-protubérantielles antérieures* naissent aussi des noyaux du pont. Elles montent et se mêlent aux fibres du faisceau géniculé et du faisceau pyramidal dont on ne peut les séparer. Elles passent dans le segment antérieur et dans la partie antérieure du segment postérieur de la capsule interne, et se dissocient ensuite pour se mettre en rapport avec les cellules de la substance grise des circonvolutions frontales.

Cette bandelette est également mal connue. On suppose, sans preuves, qu'elle est aussi une continuation du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral de la moelle. On ne connaît pas davantage son point de terminaison, qui serait le noyau lenticulaire du



Fig. 461. — Coupe de la protubérance au niveau de l'origine du nerf pathétique (Van Gehuchten).

1, coupe de la bandelette longitudinale postérieure. — 2, cellules nerveuses de la partie supérieure du locus cœruleus. — 3, racine ascendante du trijumeau. — 4, branche descendante du pathétique. — 5, nerf pathétique entre-croisé avec celui du côté opposé. — 6, formation réticulaire. On voit en avant les fascicules du faisceau pyramidal séparés par des faisceaux transversaux de la protubérance. En arrière du faisceau pyramidal, on voit les fibres sensitives, ou ruban de Reil, formant une large couche. De chaque côté, on voit la coupe des pédoncules cérébelleux supérieurs.

corps strié et la substance grise des circonvolutions pour Meynert, la substance grise de l'extrémité antérieure de l'aqueduc de Sylvius pour Flechsig et Edinger. Ce dernier décrit à ce niveau un groupe de cellules sous le nom de *noyau de la bandelette longitudinale postérieure*.

La bandelette longitudinale est un faisceau situé de chaque côté du raphé médian, au-dessous du plancher du quatrième ventricule et de l'aqueduc de Sylvius, plus épais à la partie interne. Les deux faisceaux sont parallèles et très rapprochés.

La bandelette longitudinale postérieure contient plusieurs sortes de fibres : 1° des *fibres d'association ascendantes directes*, c'est-à-dire non entre-croisées, qui unissent les divers segments de la substance grise bulbo-protubérantielle ; 2° des *fibres d'asso-*

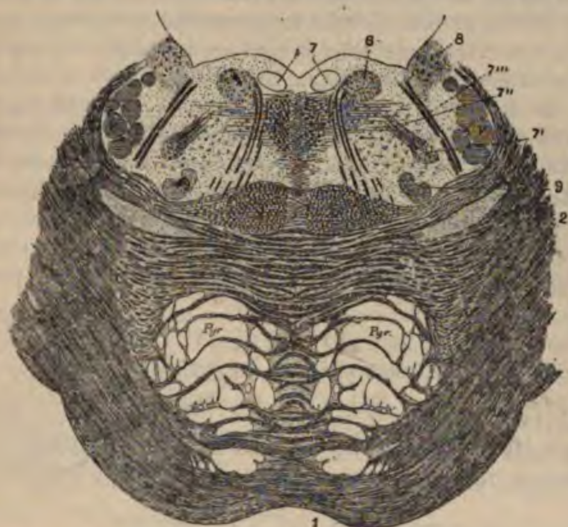


Fig. 462. — Coupe de la protubérance à sa partie moyenne, un peu au-dessus des angles latéraux du quatrième ventricule (Van Gehuchten).

1, face antérieure et sillon médian. — 2, fibres du pédoncule cérébelleux moyen formant les fibres transversales de la protubérance, dont quelques-unes croisent les fascicules du faisceau pyramidal *Pyr*. — 3, faisceau sensitif. — 4, bandelette longitudinale postérieure. — V, racine descendante du trijumeau. — VI, noyau du moteur oculaire commun ; on voit les fibres du nerf se porter en avant et en bas. — 7, branche radiculaire ascendante du facial. — 7', noyau d'origine du facial avec sa branche radiculaire interne. — 7'', 7''', branche radiculaire externe du facial. — 8, noyau de l'acoustique. — 9, olive supérieure.

ciation descendantes, encore mal connues, entrecroisées, et étudiées par Held, qui les fait venir des tubercules quadrijumeaux antérieurs pour se terminer à la partie supérieure de la moelle épinière, dans les cornes antérieures ; 3° enfin des *fibres radiculaires*, décrites par M. Duval et Laborde, qui établissent des communications entre les divers noyaux d'origine des nerfs bulbo-protubérantiels. Ainsi, des fibres partent du noyau du moteur oculaire commun d'un côté et se portent dans le noyau du moteur oculaire externe du côté opposé, après entre-croisement. Dans leur trajet, elles font partie de la bandelette longitudinale postérieure.

Si nous voulons relier les diverses fibres de la protubérance aux fibres du voisinage, nous voyons d'abord que toutes les fibres

transersales se portent latéralement dans les hémisphères cérébelleux, et forment le pédoncule cérébreux moyen.

Les fibres *verticales motrices* la traversent d'avant en arrière. Venues du cerveau sous le nom de *faisceau pyramidal*, elles traversent la partie antérieure de la protubérance, lui abandonnent quelques fibres, et vont former la pyramide antérieure du bulbe.

Les fibres *verticales sensitives* sont ascendantes et forment dans la protubérance deux faisceaux parallèles situés à une certaine distance du faisceau pyramidal dont elles se sont légèrement écartées en sortant du bulbe. Elles constituent le ruban de Reil.

En arrière de ce faisceau, c'est-à-dire du ruban de Reil, on trouve la continuation du faisceau commissural longitudinal qui fait suite au faisceau fondamental du cordon antéro-latéral de la moelle et qui diminue insensiblement. On y trouve aussi la bandelette longitudinale postérieure que l'on perd sur le pédoncule cérébral.

3° *Substance grise de la protubérance.*

La substance grise est entremêlée avec les fibres. Cependant elle se montre en plusieurs masses appelées *noyaux du pont*. Elle forme en outre l'*olive supérieure* et la *formation réticulaire*.



Fig. 463. — Coupe du bulbe à la partie inférieure de la protubérance (Van Gehuchten).

1, pyramide antérieure. — 2, pédoncule cérébelleux inférieur. — 3, noyau du facial. — 4, noyau principal. — 5, trijumeau. — 6, racine descendante de l'acoustique. — 7, racine externe de l'acoustique. — 8, noyau de l'acoustique. — 9, racine interne de l'acoustique. — 10, olive supérieure. — 11, moteur oculaire externe. — 12, quelques filaments du facial.

Noyaux du pont. — Ils sont mal limités, les plus manifestes se trouvent en avant des faisceaux pyramidaux dont ils occupent toute la longueur. Ils sont composés de petits neurones à cellules

fusiformes, dont les prolongements protoplasmiques s'articulent avec les collatérales des fibres du faisceau pyramidal et avec les cylindraxes des fibres du pédoncule cérébelleux moyen, venues des cellules de Purkinje. Quant au cylindraxe des cellules des noyaux du pont, il se porte aux cellules de l'écorce grise du cerveau en suivant la voie du pédoncule cérébral, *fibres cortico-protubérantielles.*

Olive supérieure. — Analogue à l'olive du bulbe, pour la forme et la structure, mais moins développée, l'olive supérieure est située de chaque côté de la protubérance, en avant et en dedans du noyau d'origine du facial. Elle est rudimentaire chez l'homme, mais non chez certains animaux. Elle a des rapports avec les racines du nerf acoustique.

Formation réticulaire. — Semblable à celle du bulbe, dont elle est la continuation, la formation réticulaire est un mélange de cellules et de fibres nerveuses. Elle occupe la partie postérieure de la protubérance. Parmi les fibres qui la parcourent et dont la plupart sont longitudinales, il y a des fibres courbes, arciformes, venues pour la plupart du cervelet, entre-croisées sur la ligne médiane pour prendre part à la constitution du raphé médian. (Voy. *Fibres arciformes* dans le bulbe.)

Dans cette formation réticulaire, on constate deux agglomérations de cellules, auxquelles Kölliker donne le nom de *noyaux diffus*, et que Bechterew a appelées *noyau réticulé* et *noyau central supérieur.*

4° *Vaisseaux sanguins.*

La protubérance reçoit, comme le bulbe, des artères médianes et latérales. Les *artères protubérantielles médianes*, analogues à celles du bulbe, viennent du tronc basilaire, traversent la protubérance, donnant de petites branches collatérales, et se terminent à la substance grise du plancher du quatrième ventricule. Les *protubérantielles latérales,* nées du tronc basilaire, ou des cérébelleuses, pénètrent entre les fibres. Parmi ces branches, la principale est l'*artère du trijumeau.* Arrivée au point d'émergence de ce nerf, elle donne une branche centrale qui se porte au noyau terminal de ce nerf, et une branche périphérique qui accompagne le nerf vers sa terminaison. Les *veines* se jettent dans le plexus veineux qui entoure la protubérance et le cervelet. Les *lymphatiques* ne sont pas connus.

5° *Fonctions et lésions de la protubérance.*

Comme le bulbe, la protubérance présente des fibres descendantes motrices, conductrices du mouvement volontaire, et des fibres ascendantes sensitives qui conduisent les impressions sensitives au cerveau.

Il est certain que les noyaux des nerfs contenus dans la protubérance sont le véritable foyer des actions réflexes de ces nerfs.

Nous avons déjà vu que les noyaux, droits et gauches de ces nerfs (ex : facial) sont mis en communication par des fibres entre-croisées, que cette communication assure le synchronisme de certains mouvements, comme le clignement des paupières, et qu'une incision médiane antéro-postérieure abolit le synchronisme, parce qu'elle détruit les fibres commissurales des nerfs.

La protubérance annulaire est en outre le siège d'une fonction spéciale qui ne peut être mise en doute après les expériences de Vulpian. Ce physiologiste enlève à un rat le cerveau, les corps striés et les couches optiques. L'animal se maintient debout ; si on produit un bruit qui, d'habitude, fait tressaillir l'animal, on voit celui-ci faire un brusque soubresaut, que l'on peut renouveler à volonté. L'intelligence et la mémoire ne sont pour rien dans la production de ce mouvement puisque l'animal est dépourvu de cerveau. On admet donc que la protubérance est le *centre* de la *sensibilité auditive excito-réflexe simple.*

On croit généralement que la protubérance joue un rôle important dans les grandes expressions émotives, comme le rire, les pleurs et les cris dans la douleur.

Lorsque Vulpian enlevait à un animal toute la masse nerveuse au-dessus de la protubérance, on constatait, à la suite d'excitations énergiques, que l'animal manifestait la douleur par des *cris plaintifs.* Dès qu'on détruisait la protubérance à ce même animal, la nature plaintive des cris disparaissait, c'était un simple cri réflexe, mécanique, sans expression.

On peut donc dire que la protubérance est le siège des phénomènes *sensitivo-moteurs.* Je fais remarquer en passant que l'animal auquel on a enlevé la protubérance peut encore respirer parce que le bulbe est intact. Pour la même raison, la circulation continue encore.

On conçoit, d'après l'importance des fibres qui se croisent dans la protubérance, combien doivent être graves les *lésions* de cette région. Les troubles se manifestent brusquement ou graduellement selon que la lésion est soudaine, comme dans une hémorragie ou une embolie, ou lente, comme dans l'évolution d'une tumeur.

On peut observer dans la protubérance des hémorragies, des embolies, des ramollissements, des tubercules, la sclérose, etc.. Des tumeurs voisines, comme des exostoses et des anévrysmes, peuvent comprimer la protubérance.

Toutes ces lésions produisent une *paralysie* du corps du côté opposée, si elles siègent sur les parties latérales. Si elles sont médianes, il n'y aura pas une franche *hémiplégie*. Parfois la paralysie est *alterne*, par exemple lorsque la lésion, siégeant dans un côté de la protubérance, atteint le nerf facial du même côté. Dans ce cas, la paralysie du facial est du côté lésé et la paralysie du corps existe du côté opposé, puisque l'entre-croisement des fibres motrices et sensitives a lieu plus bas dans le bulbe rachidien. Dans la paralysie alterne, la paralysie du nerf cranien du côté opposé à l'hémiplégie peut ne pas être le facial, mais bien le moteur oculaire externe, ou la portion sensitive du trijumeau.

Ruban de Reil (1).

Le *ruban de Reil* (2) est un faisceau nerveux *sensitif* commençant à la partie postérieure du bulbe rachidien, parcourant de bas en haut le bulbe et la protubérance, et se terminant par de nombreuses ramifications dans le mésencéphale, le cervelet et le cerveau.

Il est formé par un grand nombre de neurones d'association mettant en rapport les neurones sensitifs périphériques des nerfs rachidiens et des nerfs craniens avec les neurones centraux du mésencéphale, du cervelet et du cerveau.

Je lui décrirai des racines inférieures, un tronc ascendant, et des branches ramifiées en tous sens.

Racines du ruban de Reil. — Les racines du ruban de Reil sont formées par les cylindraxes des cellules nerveuses dont les dendrites sont articulées avec les arborisations terminales de tous les nerfs rachidiens sensitifs dans le bulbe.

Nous savons que les cordons postérieurs de la moelle épinière amènent les neurones de presque toutes les racines postérieures des nerfs rachidiens dans les noyaux de Goll et de Burdach situés à la partie postérieure du bulbe rachidien. Nous savons aussi que le faisceau de Gowers est un faisceau sensitif croisé de la moelle épinière, et que ce faisceau se termine également dans le bulbe au noyau de Bechterew.

(1) Synonymes : *lemniscus*, qui signifie ruban, *laqueus* qui veut dire lacet.

(2) Reil (Jean-Chrétien), né en 1758, mort du typhus en 1813 ; professeur à Halle, puis à Berlin.

Des cellules de ces divers noyaux (Goll, Burdach, Bechterew) partent les prolongements cylindraxiles qui formeront les *racines médullaires* du ruban de Reil.

Il faut signaler encore, comme racine médullaire du ruban de Reil, le *faisceau secondaire indirect* du *faisceau cérébelleux* de la moelle. Nous avons vu (p. 500) que ce faisceau se place sur le côté externe du ruban de Reil, qu'il abandonne au niveau du pédoncule cérébral, pour entrer dans la constitution du faisceau latéral de l'isthme. Puis ses fibres, devenues extérieures, contournent l'extrémité antérieure du pédoncule cérébelleux supérieur pour s'entre-croiser dans la couche superficielle de la valvule de Vieussens, et se terminer dans le vermis superior.

D'autres racines, *racines bulbo-protubérantielles*, naissent des noyaux d'origine de tous les nerfs craniens sensitifs et d'un nerf sensoriel, l'*acoustique*. Ces racines bulbaires sont également des prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses des noyaux d'origine des nerfs; elles se mêlent aux précédentes.

Le *trajet* des racines est le suivant : 1° les faisceaux venus des *noyaux de Goll et de Burdach*, situés à la partie postérieure du bulbe, se portent en avant, en décrivant une légère courbe à concavité interne, *s'entre-croisent*, et s'appliquent à la face postérieure de la portion motrice de la pyramide antérieure du bulbe. D'obliques qu'ils étaient d'abord, ils deviennent verticaux au niveau de la pyramide ; 2° les prolongements cylindraxiles des cellules nerveuses auxquelles se rendent les *fibres du faisceau de Gowers* (noyau de Bechterew ou noyau latéral du bulbe) se portent directement sur le bord externe du faisceau des racines précédentes, sans entre-croisement, (parce que les deux faisceaux de Gowers sont déjà entre-croisés dans la moelle) (fig. 431).

Dans leur trajet à travers le bulbe et la protubérance, ces faisceaux grossissent légèrement par suite de l'adjonction des racines des nerfs sensitifs, à mesure qu'ils croisent les noyaux de ces nerfs. Toutes ces racines bulbo-protubérantielles s'entre-croisent avant de se jeter dans les faisceaux précédents. On voit donc que presque toutes les voies sensitives centrales sont entre-croisées. Parmi les racines bulbo-protubérantielles, la plus importante est celle du *nerf* acoustique, qui occupe le bord externe du ruban de Reil.

Tronc du ruban de Reil. — Je ferai commencer le tronc du ruban de Reil au moment où les racines, qui étaient obliques et courbes dans la moitié inférieure du bulbe se redressent en arrière de la pyramide antérieure pour suivre un trajet ascendant (fig. 431, R).

Le tronc du ruban de Reil a, tout au plus, 4 à 5 centimètres de longueur, depuis la réunion des racines, en arrière de la pyramide antérieure du bulbe, jusqu'à ses ramifications dans le péd. cérébral.

Les deux rubans de Reil montent parallèlement vers la région de la protubérance, près de la ligne médiane, dans la partie la plus antérieure de la formation réticulaire. Les deux rubans de Reil s'adossent sur la ligne médiane, à leur origine, et constituent, en passant entre les deux olives du bulbe, ce qu'on a appelé la *couche inter-olivaire*. Ils forment à ce niveau deux faisceaux épais situés entre les pyramides antérieures du bulbe et le faisceau longitudinal postérieur.

En pénétrant dans la protubérance, les rubans de Reil s'élargissent et, en arrivant vers les tubercules quadrijumeaux postérieurs, ils forment une large couche depuis la ligne médiane jusqu'aux parties latérales de la protubérance et du pédoncule cérébral comme on le voit dans la figure 442. C'est à ce niveau que le ruban de Reil se divise en plusieurs faisceaux ramifiés que je décris sous le nom de *branches terminales*.

On trouve un amas de cellules de petit volume dans l'épaisseur du ruban de Reil, près du sillon latéral de l'isthme, au niveau du point où le faisceau latéral va se détacher : on le nomme *noyau latéral du ruban de Reil*.

Branches terminales du ruban de Reil. — Les branches terminales du ruban de Reil sont au nombre de trois :

Une branche externe, une branche interne et une branche moyenne.

1° La *branche externe*, *ou faisceau latéral de l'isthme* (1), sort du pédoncule cérébral par le sillon latéral de l'isthme et monte vers les tubercules quadrijumeaux. Ce faisceau forme une bande triangulaire extérieure, sur les côtés de la protubérance et du pédoncule cérébral. Facile à distinguer, la branche externe se dirige par son sommet vers le point de réunion du tubercule quadrijumeau postérieur et du pédoncule cérébelleux supérieur (fig. 442, 14).

Elle est formée par les fibres les plus externes du ruban de Reil, et principalement par le faisceau secondaire indirect du *faisceau cérébelleux*, et par le faisceau de l'*acoustique* dont il a été question à propos des racines bulbo-protubérantielles.

Les fibres du faisceau latéral se divisent en deux groupes : le *groupe interne* se termine dans les tubercules quadrijumeaux du même côté et dans ceux du côté opposé, surtout dans les posté-

(1) Synonymes : *ruban de Reil*, *trigone*, *champ du ruban de Reil*, *ruban latéral*, *triangle de Reil*, *faisceau triangulaire de l'isthme*.

rieurs; le *groupe externe*, faisceau acoustique, suit le trajet du *bras* qui unit le tubercule quadrijumeau postérieur au corps genouillé interne, passe sous la couche optique, dans le segment postérieur de la capsule interne et se termine, en définitive, dans la première et la deuxième *circonvolution temporale* (sphère auditive).

2° La *branche moyenne* (interne de quelques auteurs), plus volumineuse que les autres, va tout entière au cerveau. Elle est formée de deux faisceaux de fibres.

a. Un *faisceau inférieur*, formé surtout de fibres fines, qui se porte vers la partie externe du pied du pédoncule cérébral, en dehors du faisceau pyramidal et au-dessous du faisceau cortico-protubérantiel postérieur, c'est le *faisceau sensitif*. Les fibres de ce faisceau passent-elles dans la couche optique pour se porter ensuite à l'insula, comme le pense Hösel, ou vont-elles ailleurs? C'est ce qu'on ne sait pas encore d'une manière précise. Ce faisceau est appelé quelquefois *ruban du pied*.

b. Un *faisceau supérieur*, *ruban cortical* de quelques auteurs, beaucoup plus volumineux, qui parcourt d'arrière en avant la calotte du pédoncule cérébral et se porte au-dessous de la couche optique, à laquelle il abandonne une partie de ses fibres (fibres thalamiques). Puis il se rend directement aux circonvolutions, en passant par le segment postérieur de la capsule interne (fibres corticales).

3° La *branche interne* ou *ruban médial* (nom donné par Forel) se porte en avant et en bas. Il descend de la calotte dans le pied du pédoncule cérébral, dont il occupe la partie interne. Ses fibres se mêlent aux fibres les plus internes du faisceau pyramidal. On n'est pas bien fixé sur la nature des fibres de ce faisceau, les uns voulant que ce soit vraiment un faisceau sensitif, les autres un faisceau moteur (Spitzka, Bechterew). Bechterew et Hösel pensent que le ruban médial est la continuation du faisceau géniculé dans la protubérance et le bulbe rachidien.

En *résumé*, le ruban de Reil est un large faisceau nerveux formé de neurones centraux mettant en communication les neurones périphériques sensitifs rachidiens et craniens avec les neurones centraux qui aboutissent à la substance grise des circonvolutions. L'ensemble de tous ces neurones constitue la *voie sensitive*.

§ 3. — CERVELET ET SES PÉDONCULES

Le cervelet est cette partie des centres nerveux située au-dessous du cerveau, en arrière de la protubérance et du bulbe rachi-

dien, dans les fosses occipitales inférieures. Il forme, avec la protubérance, le *métencéphale*.

Chez les mammifères du bas de l'échelle, les hémisphères cérébelleux sont peu développés, tandis que le lobe médian prend un grand accroissement; mais à mesure qu'on s'élève dans l'ordre des mammifères on voit les hémisphères cérébelleux se développer jusqu'à l'homme, dont le lobe médian est petit et les hémisphères cérébelleux très développés.

Le *poids* moyen du cervelet est de 140 grammes, la huitième partie du poids du cerveau.

Dimensions du cervelet : diamètre transversal moyen, 9 centimètres; diamètre antéro-postérieur, 6 centimètres; diamètre vertical, 5 centimètres.

Le cervelet présente une face supérieure, une face inférieure et une circonférence.

La surface du cervelet est sillonnée de replis (lames) et d'intervalles (sillons) qui décrivent des courbes concentriques autour de la protubérance annulaire. Lorsqu'on écarte deux lames, on voit des divisions plus petites; ce sont les *lamelles* du cervelet séparées par des intervalles de plus en plus étroits. La pie-mère, qui suit avec une scrupuleuse sollicitude, la surface de l'encéphale, s'introduit entre les lames et les lamelles, de manière à porter les vaisseaux sanguins jusqu'au fond des plus petits sillons (fig. 476).

La substance grise du cervelet formant une mince écorce superficielle, et la substance blanche formant la partie centrale, on comprend que la coupe d'une lame du cervelet avec ses lamelles représente une arborisation de la substance blanche dans la substance grise. Et on comprend encore que la section totale d'un hémisphère cérébelleux doit représenter une arborisation plus étendue.

Face supérieure. — Elle est légèrement saillante sur la ligne médiane et inclinée en bas sur les parties latérales. Elle est séparée des lobes postérieurs du cerveau par la tente du cervelet qui lui forme une membrane protectrice rigide supportant à elle seule le poids du cerveau.

La saillie médiane de la face supérieure est le *vermis superior*. L'extrémité antérieure du vermis forme un petit lobule aplati appliqué sur la face postérieure de la valvule de Vieussens. Ce lobule s'appelle *lingula*. Il présente de chaque côté un prolongement triangulaire qui le relie à l'hémisphère correspondant et qui s'attache par son sommet à la face supérieure du pédoncule cérébelleux moyen. Ces prolongements ont reçu de Stilling le nom de *freins de la lingula* (fig. 464).

On a encore décrit quatorze ou quinze lobules, dont la description

n'offre aucun intérêt, étant donné qu'on ne connaît presque rien des fonctions du cervelet. Le *lobule central* cache un peu la *lingula*. Le *monticulus*, partie saillante du vermis superior, a un sommet (culmen) et une pente ou *déclive*. Le *folium cacuminis* est en arrière du vermis postérieur, le *tuber valvulæ* un peu plus bas, la *pyramide*, déjà décrite; sur la face inférieure, la *luette* (uvula) et le *nodule*, qui termine la luette. Voilà pour les lobules du lobe médian. Il en existe sept sur chaque hémisphère : le *lobule quadrangulaire*, le *semi-lunaire supérieur*, le *semi-lunaire inférieur*, le *lobule grêle*, le *lobule digastrique*, la *tonsille* ou *amygdale*, et le *flocculus* ou *lobule du pneumogastrique*.



Fig. 464. — Face supérieure du cervelet.

1, continuation des deux vermis. — 2, vermis superior. — 3, 3, tubercules quadrijumeaux postérieurs. — 4, 4, tubercules quadrijumeaux antérieurs. — 5, glande pinéale.

Face inférieure. — Elle est formée par les deux *lobes*, ou *hémisphères cérébelleux*, séparés par la *scissure inter-hémisphérique*, appelée aussi *vallée de Reil*. En écartant les deux hémisphères, on voit, au fond de la scissure, une saillie antéro-postérieure appelée *vermis inferior*. Le vermis inferior se continue par son extrémité postérieure avec le vermis superior. Mais, en avant, le vermis inferior se termine par une extrémité libre qui plonge dans la cavité du quatrième ventricule, et qu'on nomme *luette*, parce qu'on l'a comparée à la luette du voile du palais (fig. 465).

Les deux vermis réunis constituent le *lobe médian* du cervelet. A leur extrémité antérieure, ils sont séparés par la *valvule de Vieussens*, membrane de substance nerveuse réunissant les deux pédoncules cérébelleux supérieurs et concourant à former la voûte du quatrième ventricule (fig. 487).

Les lames de la face inférieure du cervelet ont une disposition différente de celles de la face supérieure. Celles du vermis inferior sont dirigées transversalement, tandis que celles des lobes latéraux, qui ne se continuent pas avec les précédentes, décrivent des courbes à concavité interne et antérieure.

Si on écarte les deux hémisphères cérébelleux, on voit quelques lamelles du vermis inferior pénétrer dans les deux hémisphères, de manière à former avec le vermis inferior une saillie cruciale, qui a reçu le nom de *pyramide de Malacarne* (fig. 465, 1, 3).

Je dois signaler encore les *valvules de Tarin* (1), deux lamelles de substance nerveuse situées de chaque côté de la luette ; mais

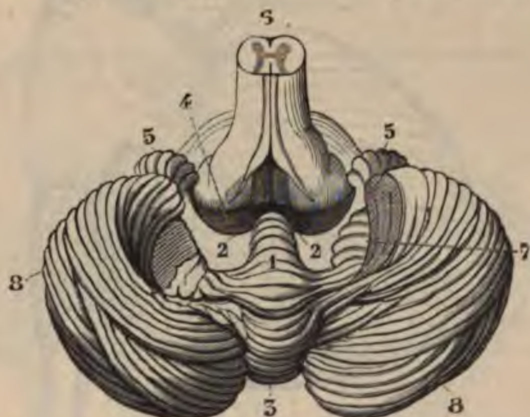


Fig. 465. — Cervelet vu par sa face inférieure. Le bulbe est écarté pour montrer la cavité du quatrième ventricule et la luette.

1, prolongement antérieur du vermis inferior ou luette. — 2, 2, valvules de Tarin, qu'on ne peut apercevoir qu'après avoir enlevé les tonsilles. — 3, réunion du vermis superior et du vermis inferior dans l'incisure marsupiale. — 4, cavité du quatrième ventricule. — 5, 5, lobule du nerf pneumogastrique. — 6, collet du bulbe. — 7, coupe des tonsilles pour laisser voir les valvules de Tarin.

nous retrouverons ces valvules dans la description du quatrième ventricule (fig. 465, 2).

On aperçoit une autre saillie arrondie, beaucoup plus volumineuse, en arrière et de chaque côté du bulbe rachidien. C'est le *lobule du bulbe rachidien*, encore appelé *tonsille*. Remarquez que ce groupe de lames est situé sur le trou occipital, dans lequel il fait généralement saillie, en sorte que le trou occipital est rempli par le bulbe, les tonsilles ou amygdales, les artères vertébrales et les deux nerfs spinaux.

(1) Tarin (Pierre). Né vers 1725, mort en 1761. Anatomiste à Paris.

Circonférence. — La circonférence du cervelet est parcourue par un sillon très profond qui permet de diviser le cervelet, et dans une assez grande étendue, en deux moitiés, supérieure et inférieure. C'est le *grand sillon circonférentiel* de Vicq d'Azyr.

La circonférence du cervelet est en rapport en arrière avec les *sinus latéraux* de la dure-mère. En avant et de chaque côté de la ligne médiane, elle est en rapport avec la face postérieure du rocher, les sinus pétreux supérieurs, les nerfs qui pénètrent dans le

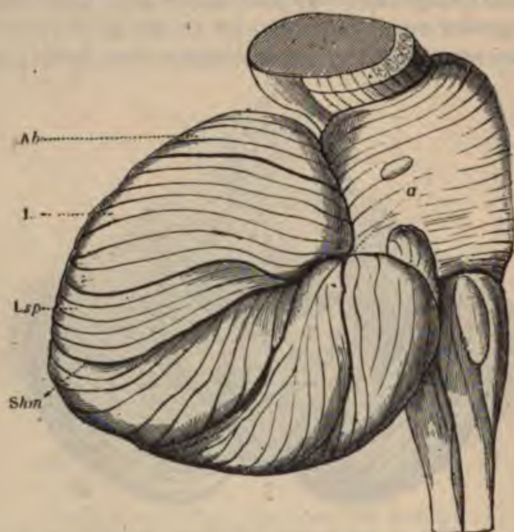


Fig. 466. — Vue de la face latérale droite du cervelet, d'après Huguenin.

a, point de réunion de divers sillons. — *Shm*, grand sillon circonférentiel. — *Lsp*, lobule supérieur et postérieur. — *Ls*, lobule supérieur et antérieur.

conduit auditif interne et ceux qui sortent par le trou déchiré postérieur avec la veine jugulaire interne.

On voit, sur la ligne médiane et en arrière, la partie postérieure de la scissure médiane, c'est-à-dire l'*échancrure postérieure* ou *incisure marsupiale.* En avant, il existe une vaste *échancrure antérieure* qui embrasse le bulbe et la protubérance. On voit, de chaque côté de cette échancrure, émerger les trois pédoncules cérébelleux.

A la partie antérieure de la circonférence existe le *lobule du pneumogastrique*, ou *flocculus*, que j'ai déjà signalé. Ce lobule, situé à l'entrée du sillon circonférentiel, est formé par une petite masse de lamelles qui sépare le pédoncule cérébelleux moyen, qui

est au-dessus, du nerf pneumogastrique qui est au-dessous. Le flocculus est très voisin du pédoncule cérébelleux inférieur dont le sépare le plexus choroïde du quatrième ventricule. Ce plexus choroïde présente la forme d'une petite massue, sortant du quatrième ventricule par le *trou de Luschka* (fig. 467).

Conformation intérieure et structure.

Si l'on incise verticalement et d'avant en arrière le *lobe médian* formé par la réunion des deux vermis, on voit les ramifications de la substance blanche dans la substance grise ; on donne au-dessus

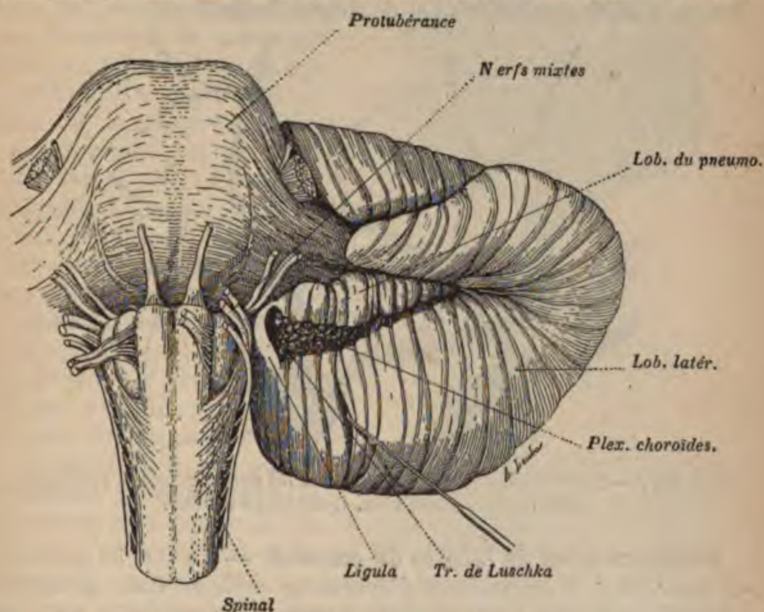


Fig. 467. — Cette figure montre bien la sortie des plexus choroïdes par le trou de Luschka. On y voit l'origine des huit derniers nerfs craniens.

sin représenté par la coupe le nom d'*arbre de vie du lobe médian*. Si l'on incise les lobes latéraux, d'avant en arrière et de dedans en dehors, on obtient l'*arbre de vie des lobes latéraux*, plus riche que le précédent en substance blanche (fig. 476).

Si, par une incision transversale passant par le grand sillon circonférentiel, on divise le cervelet en deux moitiés, supérieure et inférieure, on aperçoit, au centre de la substance blanche des deux hémisphères cérébelleux, une membrane gris jaunâtre, plis-

sée, tout à fait analogue à l'olive du bulbe ; c'est l'*olive cérébelleuse* ou *corps rhomboïdal*.

Dans l'étude de la structure du cervelet nous aurons à examiner la substance grise d'une part, la substance blanche et les pédoncules cérébelleux de l'autre.

1° Substance grise du cervelet.

La substance grise du cervelet forme une couche corticale à la surface des lamelles et des lames, et elle donne naissance, au centre de la substance blanche, à des amas de cellules connus sous le nom d'*olive cérébelleuse* et de *noyau du toit*.



Fig. 468. — Deux cellules de Purkinje dont les prolongements protoplasmiques ont été brisées. Cylindraxe en bas.

Substance grise de l'écorce du cervelet. — La couche corticale du cervelet a 2 millimètres d'épaisseur environ. Dans sa moitié profonde, elle est d'une couleur jaune rougeâtre ; elle est d'un gris pâle dans sa moitié superficielle.

La couche profonde est appelée *couche granuleuse ;* la superficielle est la *couche moléculaire*. Ces deux couches sont séparées par la *couche des cellules de Purkinje.*

a. *Couche granuleuse.* — Appelée encore *couche rouillée*, la couche granuleuse renferme trois sortes d'éléments; des grains, de grandes cellules étoilées, et des astrocytes, réunis par une matière intercellulaire.

Les *grains* sont très nombreux. Ce sont de petites cellules multipolaires, de 5 μ en moyenne, dont les prolongements protoplas-

miques s'entremêlent, et dont le cylindraxe se dirige vers la surface du cervelet et se divise en deux branches à la manière d'un T. Les branches du T, bien décrites par Cajal, marchent parallèlement à la surface cérébelleuse en suivant la direction de la lame dans laquelle elles sont situées. Ces fibres, appelées *fibres parallèles* par Cajal, ont une grande longueur, ne donnent pas de collatérales et se terminent par une extrémité libre légèrement renflée.

Les *grandes cellules étoilées*, décrites par Golgi, sont volumineuses. Leurs prolongements protoplasmiques, très nombreux, se ramifient dans les deux couches de la substance grise. Ces cellules de Golgi ont un cylindraxe court qui se ramifie dans l'écorce du cervelet, formant un plexus, selon Golgi, se terminant librement à la surface des grains, selon Cajal.



Fig. 469. — Cellule de Purkinje isolée.

1, corps aplati de la cellule. — 2, prolongements protoplasmiques ramifiés dans la couche moléculaire superficielle. — 3, cylindraxe. — 4, collatérales du cylindraxe.

Les *astrocytes* sont de différents volumes. Les *petits* ont des prolongements courts qui ne dépassent pas la couche granuleuse. Les *grands* émettent des *prolongements centraux* qui se terminent dans la couche granuleuse, et des *prolongements périphériques* (1) qui traversent la couche moléculaire et se terminent à la surface du cervelet par des renflements coniques sous-jacents à la pie-mère. Ces renflements terminaux sont tellement nombreux qu'ils se confondent à la surface externe de la substance grise, pour former une mince couche névroglique analogue à celle qui existe sur la moelle épinière.

b. *Couche moléculaire*. — La couche externe, ou moléculaire, traversée par les divers prolongements de toutes les cellules, est formée de *petites cellules étoilées*, décrites surtout par Cajal. Ces cellules, de 12 μ en moyenne, occupent la moitié interne de la

(1) Synonyme : *fibres de Bergmann*, 1857.

couche moléculaire. Ces petites cellules étoilées sont pourvues de nombreux prolongements protoplasmiques se terminant librement dans la couche moléculaire, tandis que leur cylindraxe marche parallèlement à la surface du cervelet et se coude brusquement pour se porter vers les cellules de Purkinje, autour desquelles leurs ramifications forment des *corbeilles terminales*, selon Kölliker et Cajal.

Les nombreuses collatérales, fournies par ce cylindraxe, se portent aussi vers les cellules de Purkinje pour concourir à la formation de ces mêmes corbeilles.



Fig. 470. — Coupe de la substance grise d'une lamelle du cervelet (schéma).

a, couche moléculaire. — *b*, couche des cellules de Purkinje. *c*, couche granuleuse. — *d*, fibres nerveuses.

c. *Couche des cellules de Purkinje* (1). — Décrites pour la première fois par Purkinje, en 1837, ces cellules forment une couche très régulière entre les couches précédentes. Les cellules sont disposées sur une seule rangée. Longues de 55 μ en moyenne, larges de 30, épaisses de 25, ces cellules, aplaties comme une amande, contiennent un gros noyau de 12 μ, avec un nucléole très apparent. Le *cylindraxe* se porte vers le centre du cervelet, s'entoure de myéline et devient l'origine d'une fibre cérébelleuse.

En traversant la couche granuleuse, le cylindraxe des cellules de Purkinje fournit deux ou trois collatérales qui rétrogradent vers la couche moléculaire, où elles se terminent par des arborisations qui s'entremêlent avec les ramifications protoplasmiques des cellules de Purkinje (fig. 469, 4).

Substance grise centrale du cervelet. — J'ai déjà dit qu'elle forme l'olive cérébelleuse et le noyau du toit.

(1) Purkinje. Né en 1786, mort en 1864. Professeur à Prague.

Olive cérébelleuse (1). — L'olive cérébelleuse, très analogue à l'olive du bulbe, est une sorte de membrane plissée, ouverte en dedans, *hile*. Elle est formée de *cellules nerveuses*, de 25 μ en moyenne, à prolongements protoplasmiques très ramifiés, et à cylindraxe qui traverse la membrane du côté de sa face externe ou du côté de sa face interne. Ces cellules sont entremêlées de cellules de Golgi à cylindraxe court et ramifié.

Des *fibres nerveuses* existent dans la cavité de l'olive. Les unes s'étendent d'une face à l'autre, les autres sont parallèles à ces faces. Elles s'entremêlent en formant un plexus. En dehors de l'olive, on constate un autre plexus de fibres à myéline. On donne parfois à ces deux plexus le nom de *plexus intra-olivaire* et *plexus extra-olivaire*.

On rencontre quelquefois des parcelles grises détachées de l'olive et situées dans son voisinage ; c'est ce qu'on appelle *olives accessoires*.



Fig. 471. — Coupe d'une lamelle du cervelet d'un lapin âgé de sept jours (d'après G. Retzius).

1, fibres nerveuses venant des cellules de Purkinje. — 2, 4, collatérales de ces fibres. — 3, corps de la cellule de Purkinje avec ses dendrites périphériques. — 4, petites cellules étoilées de Cajal avec leurs prolongements transversaux. — 5, prolongement des cellules étoilées. — 6, astrocytes. — 7, couche moléculaire. — 8, cellules de Golgi richement ramifiées. — 9, ramifications dendritiques des cellules de Golgi. — 10, petites cellules de Golgi. — 11, fibres nerveuses et leurs ramifications terminales en forme de corbeilles autour des cellules de Purkinje. — 12, on voit en avant du chiffre une fibre grimpante de Cajal. — 13, on voit à droite du chiffre des fibres moussues de Cajal. — 15, 16, astrocytes donnant naissance aux fibres de Bergmann.

(Dans cette figure les divers éléments de la substance grise du cervelet sont montrés isolément ; ils sont, en réalité, complètement entremêlés.)

Noyau du toit, ou *noyau de Stilling*. — On donne ce nom à un groupe de cellules nerveuses, fortement pigmentées, situées dans la substance blanche du cervelet, en dedans de l'olive, à la partie supérieure du lobe médian. Ces cellules, de 45 μ en moyenne, sont entremêlées de fibres nerveuses à myéline et sans myéline,

(1) Synonymes : *corps dentelé*, *ganglion du cervelet* (Gall), *corps rhomboïdal* (Vieussens), *corps ciliaire* du cervelet.

qui se dirigent dans tous les sens, et dont quelques-unes s'entre-croisent sur la ligne médiane avec les cellules du côté opposé. Le cylindraxe de la plupart de ces cellules se dirige vers le pédoncule cérébelleux inférieur.



Fig. 472. — Structure du cervelet. Coupe d'une lamelle (d'après Van Gehuchten).

1, faisceau de fibres blanches. — 2, cellule de Purkinje dont le cylindraxe se continue avec une fibre nerveuse et dont les prolongements protoplasmiques se ramifient à l'infini vers la surface du cervelet. — 3, astrocyte, ou cellule névroglique, entre les fibres nerveuses. — 4, 6, 8, grande cellule étoilée de la couche granuleuse. — 5, grains de la couche granuleuse. — 7, petites cellules étoilées de la couche moléculaire. — 9, fibres de Bergmann. — 10, ramifications des cellules étoilées de la couche granuleuse. — 11, petites cellules de Purkinje.

2° Substance blanche du cervelet.

La substance blanche du cervelet présente les caractères généraux de la substance blanche des centres nerveux, tels qu'ils ont été décrits avant la moelle épinière. Ce sont donc des fibres à myéline, sans gaine de Schwann (1), entourées de vaisseaux capillaires et d'éléments de névroglie. Ces fibres sont de deux ordres.

Les unes *cérébelleuses*, ou *intrinsèques*, sont entièrement contenues dans le cervelet, les autres *pédonculaires*, ou *extrinsèques*, font partie des pédoncules; quelques autres, enfin, sont *indéterminées*. Ces fibres sont un mélange de fibres à cylindraxe venu des cellules de Purkinje; et de fibres extra-cérébelleuses se terminant dans la substance corticale du cervelet.

(1) Schwann (Théodore). Né dans la Prusse Rhénane en 1810, mort en 1881. Elève de Joannes Muller. Professeur à Louvain, puis à Liège. Père de la théorie cellulaire.

a. **Fibres cérébelleuses ou intrinsèques**. — Ces fibres sont étendues d'un point à un autre de l'écorce cérébelleuse.

Les unes, *fibres commissurales courtes*, ou *fibres d'association*, font communiquer les cellules de deux points rapprochés de la substance grise corticale d'un même hémisphère.

D'autres, *fibres commissurales longues*, font communiquer les cellules des deux hémisphères, en passant par le lobe médian, elles représentent une sorte de corps calleux.

D'autres, enfin, *fibres cortico-nucléaires*, encore peu étudiées, établissent une communication entre les cellules de la substance corticale et celles des noyaux centraux.



Fig. 473. — Schéma de la structure du cervelet.

1, pédoncules cérébelleux supérieurs. — 2, pédoncules moyens. — 3, pédoncules inférieurs. On y voit aussi les noyaux du pont et l'olive cérébelleuse.

b. **Fibres pédonculaires ou extrinsèques**. — Ces fibres, qui forment les pédoncules cérébelleux, vont du cervelet aux autres parties des centres nerveux, ou de ces parties au cervelet. Elles seront étudiées bientôt avec les pédoncules.

c. **Fibres indéterminées**. — Je donne ce nom à deux variétés de fibres du cervelet décrites par Cajal, les fibres moussues et les fibres grimpantes.

Les *fibres moussues*, grosses, que Cajal suppose continuer le faisceau cérébelleux direct de la moelle, sans l'affirmer, donnent plusieurs ramifications qui *se terminent dans la couche granuleuse* de la substance corticale, autour des grains, par des ramifications libres. Leur nom vient de leur ressemblance à la mousse, car les filaments de ces fibres présentent sur leur trajet des prolongement nombreux et courts.

Un grand nombre de ces fibres moussues viennent du pédoncule cérébelleux inférieur (Cajal, voy. Van Gehuchten).

Les *fibres grimpantes*, venues de la substance blanche, traversent la substance corticale et se jettent autour des prolongements protoplasmiques des cellules de Purkinje, autour desquels elles s'enroulent comme le lierre autour du tronc d'un arbre. Elles forment des arborisations terminales légèrement renflées et entrelacées en forme de plexus. Les cellules d'origine de ces fibres ne sont pas connues, mais, d'après Cajal, un certain nombre d'entre elles suivraient le trajet du pédoncule cérébelleux inférieur.

3° Pédoncules du cervelet.

Le cervelet est relié aux autres parties des centres nerveux par des prolongements, ou *pédoncules cérébelleux*, de structure assez compliquée et de fonctions bien incertaines.

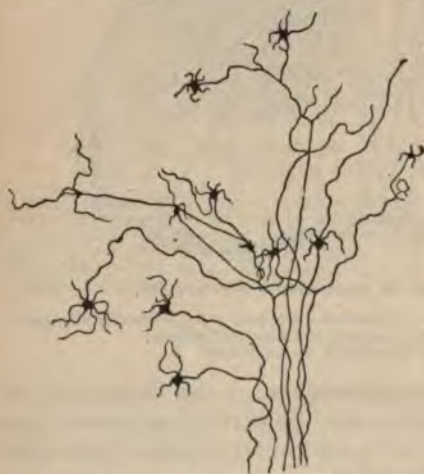


Fig. 474. — Fibres moussues de Cajal.

Les pédoncules cérébelleux sont au nombre de trois de chaque côté; celui qui se dirige vers le cerveau est le *supérieur;* l'*inférieur* se porte au bulbe rachidien, et le *moyen* à la protubérance annulaire.

Pédoncule cérébelleux supérieur (cérébello-cérébral). — Le pédoncule cérébelleux supérieur fait partie du quatrième ventricule; c'est un cordon blanc, étendu du cervelet aux tubercules quadrijumeaux.

Il a une longueur de 2 centimètres; sa largeur est de 8 millimètres environ et son épaisseur de 4.

Pour le découvrir, il faut soulever les lamelles supérieures du cervelet, en arrière des tubercules quadrijumaux. On voit nettement alors que l'*extrémité postérieure* du pédoncule sort de la substance blanche du cervelet et que son *extrémité antérieure* s'enfonce sous les tubercules quadrijumeaux postérieurs (fig. 475).

La *face supérieure*, libre, est recouverte par la pie-mère, par les lamelles superficielles du cervelet et par les fibres du *faisceau cérébelleux secondaire indirect* qui sort de la protubérance, et passe par-dessus le pédoncule pour aller se perdre dans la valvule de Vieussens; sa *face inférieure*, libre également, concourt à la formation de la voûte du quatrième ventricule. Son *bord externe* adhère à la substance nerveuse; son *bord interne* donne insertion à la valvule de Vieussens qui unit les deux pédoncules cérébelleux supérieurs (fig. 476).

Structure. — Ce pédoncule est uniquement formé de substance blanche. *A son extrémité postérieure* les fibres du pédoncule se dissocient en pénétrant dans le cervelet. Le plus grand nombre se



Fig. 475. — Schéma des trois pédoncules cérébelleux.

1, pédoncule supérieur. — 2, pédoncule moyen. — 3, pédoncule inférieur.

terminent aux cellules de l'olive cérébelleuse et pénètrent par le hile. D'autre fibres se portent à la substance corticale, et quelques-unes se rendent aux cellules du noyau du toit et des olives accessoires.

L'*extrémité antérieure* du pédoncule s'engage au-dessous des tubercules quadrijumeaux entre le faisceau longitudinal postérieur et la couche de fibres sensitives, où elle s'entre-croise presque complètement avec celle du côté opposé. Puis elle pénètre dans le pédoncule cérébral et se termine au noyau rouge de Stilling (fig. 478).

Le *noyau rouge* est formé par un groupe de cellules nerveuses, de neurones, dont le prolongement cylindraxile se porte à la

couche optique et au cerveau. Il est donc constitué par des neurones d'association.

Dans son trajet, le pédoncule fournit, selon Cajal, un faisceau de fibres descendantes qui peuvent être suivies jusque dans la moelle. Ces fibres donnent des collatérales aux cellules des noyaux d'origine des nerfs de la protubérance et du bulbe. Le faisceau qui se rend au noyau du moteur oculaire commun a été suivi récemment par Climoff (1896).

On n'est pas bien certain de la constitution de ce pédoncule, que Mahain, à la suite d'expériences, considère comme ayant son origine dans le noyau rouge, tandis que Marchi et Cajal pensent qu'il prend son origine dans les cellules de Purkinje. La vérité est, je crois, entre ces deux opinions ; le pédoncule cérébelleux supérieur est formé en partie de fibres ascendantes, et en partie de fibres descendantes.

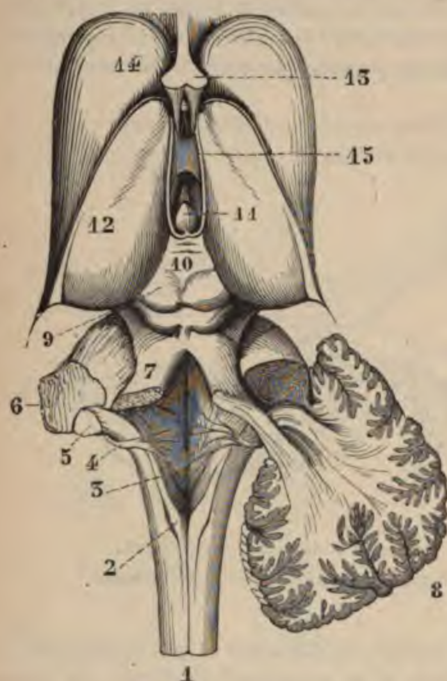


Fig. 476. — Vue d'ensemble du plancher du quatrième ventricule, des pédoncules cérébelleux, des tubercules quadrijumeaux et des corps opto-striés.

1, collet du bulbe. — 2, clava des pyramides postérieures. — 3, calamus scriptorius. — 4, racines postérieures du nerf auditif formant les barbes du calamus scriptorius. — 5, pédoncule cérébelleux inférieur. — 6, pédoncule cérébelleux moyen. — 7, pédoncule cérébelleux supérieur. — 8, lobe droit du cervelet incisé de manière à montrer ses rapports avec les pédoncules. — 9, tubercules quadrijumeaux. — 10, commissure blanche postérieure du cerveau. — 11, glande pinéale renversée en avant. — 12, couche optique. — 13, coupe des piliers antérieurs du trigone. — 14, corps strié. — 15, pédoncules antérieurs de la glande pinéale.

La méthode expérimentale et l'anatomie pathologique prouvent que les pédoncules cérébelleux supérieurs sont formés de fibres ascendantes et de fibres descendantes : 1° quand on enlève une moitié du cervelet, le pédoncule correspondant et le noyau rouge du côté opposé dégénèrent (Gudden) ; 2° les lésions de la couche

optique et celles des centres moteurs de l'écorce cérébrale produisent la dégénération des mêmes parties.

Faisceau acoustico-cérébelleux. — Un faisceau spécial pénètre dans le cervelet en mêlant ses fibres à celles du pédoncule supérieur. Ce faisceau décrit par Cajal, et reliant le nerf acoustique au cervelet, est formé par des divisions des fibres du nerf vestibulaire. Ce faisceau traverse le noyau de Bechterew, que j'ai indiqué dans le bulbe, abandonne de nombreuses collatérales à ses cellules, et va se terminer dans les cellules du noyau du toit.



Fig. 477. — Trajet des fibres sensitives centrales reliant les neurones périphériques sensitifs au cervelet. Schéma (Van Gehuchten).

1, noyau du toit. — 2, olive cérébelleuse. — 3, les fibres du pédoncule cérébelleux inférieur atteignant la substance grise de la moelle. — 4, faisceau cérébelleux direct. — 5, articulation de neurones sensitifs se continuant en 7, avec les fibres des racines postérieures. — 6, origine des fibres du faisceau cérébelleux direct. — 8, deux autres racines postérieures des nerfs rachidiens montant dans la substance grise et s'articulant avec les neurones sensitifs en 5.

Pédoncule cérébelleux inférieur (cérébello-bulbeux). — Ce pédoncule, confondu avec le corps restiforme, semble être la continuation du cordon postérieur de la moelle. Je le fais commencer au point où le cordon postérieur s'éloigne de la ligne médiane et forme le côté inférieur et latéral du quatrième ventricule. Arrivé à l'angle latéral du quatrième ventricule, le pédoncule décrit une légère courbe et se jette dans le cervelet (fig. 476).

Ce faisceau est certainement formé de fibres ascendantes et de fibres descendantes.

Fibres ascendantes. — Elles prennent leur origine dans la moelle et dans le bulbe.

Les *fibres médullaires* viennent du faisceau cérébelleux direct. Elles se terminent dans les cellules nerveuses du vermis superior (fig. 434, 14).

Les *fibres bulbaires* viennent de plusieurs sources : 1° des noyaux de Goll et de Burdach du même côté et du côté opposé ; 2° de l'olive bulbaire du côté opposé et des nerfs sensitifs bulbaires. Ces fibres, nées des noyaux de Goll et de Burdach, se terminent, probablement aussi, dans le vermis superior.

Celles de l'olive, *faisceau cérébello-olivaire*, partent, pour la plupart, de l'intérieur de l'olive, sortent par le hile, et s'entre-croi-

sent pour aller à l'hémisphère cérébelleux du côté opposé. Elles se terminent, en partie dans les cellules de l'olive, en partie dans les cellules de Purkinje.

Les fibres unissant les noyaux d'origine des nerfs sensitifs au cervelet ont été décrites par Edinger, qui leur a donné le nom de *faisceau sensoriel cérébelleux*. Ce faisceau est formé de fibres émanées du trijumeau, de l'auditif et probablement aussi du glosso-pharyngien et du pneumogastrique. Toutes ces fibres, en partie directes, en partie croisées, se dissocient en arrivant au cervelet et se terminent dans les cellules du noyau du toit et de l'olive cérébelleuse.

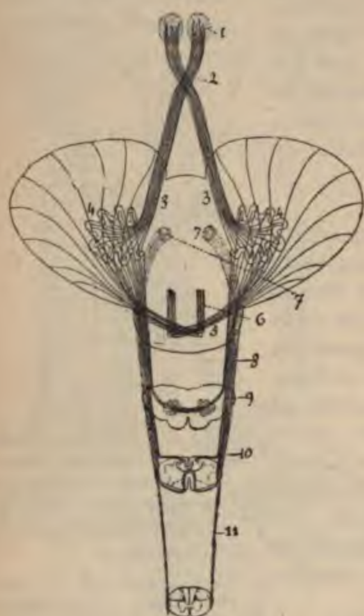


Fig. 478. — Constitution des pédoncules cérébelleux.

1, noyau rouge de Stilling donnant naissance au pédoncule cérébelleux supérieur. — 2, entre-croisement des deux pédoncules. — 3, ils abordent le cervelet. — 4, des fibres pénètrent dans l'olive du cervelet avec les fibres du pédoncule cérébelleux inférieur. — 5, pédoncule cérébelleux moyen, après entre-croisement des fibres cérébello-protubérantielles. — 7, noyau du toit. — 8, pédoncule cérébelleux inférieur. — 9, 10, entre-croisement des fibres originelles de ce pédoncule dans la moelle. — 11, faisceau cérébelleux direct de la moelle.

Je fais remarquer qu'il est souvent difficile de déterminer si une fibre va au cervelet ou si elle en vient. Je rappelle aussi au lecteur la liaison intime qui existe entre le bulbe et le cervelet par les fibres arciformes qui ont été décrites avec le bulbe. Les fibres venues de l'olive, et quelques fibres venues des noyaux de Goll et de Burdach, font partie des fibres arciformes.

Fibres descendantes. — Il est certain qu'il existe des fibres descendantes dans ce pédoncule, mais les auteurs sont en contradiction quand il s'agit de déterminer les cellules d'où elles naissent et celles où elles se terminent.

Après des lésions expérimentales (Marchi) et à la suite des lésions pathologiques du cervelet (Thomas), on voit des fibres du faisceau cérébelleux dégénérer. Ces auteurs, avec Van Gehuchten, ont conclu à l'existence de fibres reliant les cellules de Purkinje de l'écorce cérébelleuse

aux cellules de la corne antérieure de la moelle épinière ; conclusion combattue par Ferrier, Russell, etc.

Selon Cajal, les fibres dégénérées, après l'extirpation d'un certain nombre de lamelles cérébelleuses, se rendraient à l'olive bulbaire du côté opposé.

Selon Kölliker, ces fibres se rendraient à l'olive du même côté, d'où partirait un *faisceau olivo-médullaire* qui irait aux cornes antérieures de la moelle du côté opposé, après entre-croisement sur la ligne médiane.

Nous devons conclure qu'il règne une certaine incertitude sur l'origine et la terminaison des fibres descendantes du pédoncule cérébelleux inférieur.



Fig. 479. — Fibres sensitives centrales (voies sensitives tactiles centrales et cérébelleuses) (Van Gehuchten).

1, faisceau sensitif. — 2, fibres sensitives allant au cervelet en traversant le noyau rouge et formant le pédoncule supérieur du cervelet. — 3, fibres du cervelet venues des cellules de Purkinje. — 4, fibres du pédoncule supérieur allant à l'olive cérébelleuse. — 5, pédoncule cérébelleux inférieur. — 6, 7, 8, fibres du cervelet détachées du pédoncule inférieur et se rendant aux noyaux des 5e, 9e et 10e nerfs craniens. — 10 fibres allant du cervelet à l'acoustique, ainsi qu'au faisceau sensitif central 1. — 11, 11, ganglions des 5e, 9e et 10e nerfs craniens. — 12, articulation des neurones sensitifs des ganglions rachidiens avec les neurones sensitifs centraux du cervelet et du cerveau. — 13, deux racines postérieures des nerfs rachidiens et une branche ascendante articulée avec un neurone moteur 15. — 14, neurone moteur articulé avec un neurone sensitif périphérique 13 pour un arc réflexe simple. — 15, articulation de neurones moteurs périphériques avec un neurone sensitif périphérique.

Pédoncule cérébelleux moyen (cérébello-protubérantiel). — Ces pédoncules sont deux gros faisceaux de fibres étendus de la protubérance au cervelet.

Courts et gros, ces pédoncules se continuent directement en dedans avec les fibres transversales de la protubérance ; en dehors ils s'enfoncent dans le cervelet. A ce niveau, ils sont recouverts en grande partie par les lamelles du cervelet qu'il faut écarter pour les apercevoir. Leur face antérieure est en contact avec le lobule du pneumogastrique, ou *flocculus*.

Structure. — Ces pédoncules sont formés de fibres étendues des cellules du cervelet aux *noyaux du pont*, ou noyaux de la protubérance. Les unes sont centrifuges, ou cérébello-protubérantielles, les autres centripètes ou ponto-cérébelleuses.

Les *fibres cérébello-protubérantielles* naissent sur les cellules de Purkinje. De là, elles vont vers la protubérance et se comportent de trois manières ; une bonne partie va dans les cellules de Purkinje de l'hémisphère opposé, après avoir formé des anses, ou fibres

commissurales, au niveau de la protubérance ; un certain nombre de fibres se terminent aux cellules des *noyaux du pont* du même côté, sans dépasser la ligne médiane ; d'autres traversent la ligne médiane où elles s'entre-croisent avec celles du côté opposé pour se terminer aux cellules des noyaux du pont du côté opposé.

Les *fibres ponto-cérébelleuses*, ascendantes de quelques auteurs, naissent sur les cellules des noyaux du pont et se dirigent en partie dans le pédoncule du même côté, *fibres homolatérales*, en partie dans celui du côté opposé, *fibres croisées*, après entre-croisement. Elles pénètrent dans le cervelet et se terminent aux cellules de Purkinje.

Cajal décrit en outre des *fibres cérébello-spinales* prenant leur origine dans les cellules de Purkinje, s'entre-croisant dans la protubérance, et descendant dans le cordon latéral pour se terminer aux cellules de la corne antérieure.

Vaisseaux du cervelet.

Les trois *artères* cérébelleuses, fournies par la vertébrale et le tronc basilaire, se ramifient à la surface du cervelet, dans l'épaisseur de la pie-mère. La pie-mère n'envoie pas un double feuillet entre les lames et les lamelles, comme cela a lieu entre les circonvolutions. Les prolongements de la pie-mère entre les lamelles du cervelet sont des cloisons simples portant les vaisseaux jusqu'au fond des sillons. Les artérioles se détachent de la pie-mère pour pénétrer dans la substance grise et dans la substance blanche, de la même manière que pour le cerveau. Cependant, le réseau de la substance grise est moins considérable et moins serré dans le cervelet, où il n'existe, à proprement parler, que dans la couche des cellules de Purkinje. On ne sait pas si les vaisseaux du cervelet se distribuent, comme ceux du cerveau, à des territoires déterminés.

Les *veines*, nées des capillaires, ont un trajet différent de celui des artères et assez irrégulier. Elles forment deux veines principales, une *veine médiane supérieure* qui se jette dans la veine de Galien (1) et une *veine médiane inférieure* qui se jette tantôt dans

(1) Galien (Claude). Né à Pergame en 131, mort en 201 ; fut médecin de Marc-Aurèle.

Galien a disséqué un grand nombre d'animaux, et principalement le magot; il a cru que la structure de ce singe était semblable à celle de l'homme.

Galien créa un système de médecine qui régna despotiquement sur le monde civilisé pendant près de quatorze siècles.

le sinus droit, tantôt dans les sinus latéraux ou dans le confluent des sinus.

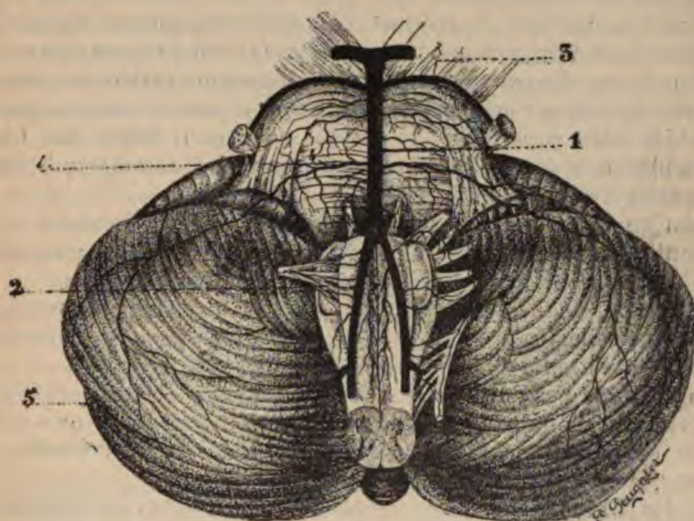


Fig. 480. — Vaisseaux du cervelet.

1, tronc basilaire avec ses deux branches terminales (cérébrales postérieures) et des branches collatérales (cérébelleuses). — 2, grand hypoglosse. — 3, pédoncules cérébraux. — 4, trijumeau. — 5, lamelles du cervelet.

Fonctions et lésions du cervelet.

Physiologie. — Je reproduirai en commençant cet article, une phrase de Eckhardt (1879), citée par Van Gehuchten, qui prouve l'incertitude dans laquelle nous nous trouvons au sujet des usages de cette partie des centres nerveux.

« Depuis Flourens (1820) le matériel s'est tellement accumulé et est désormais tellement contradictoire qu'*on souhaiterait volontiers ne rien savoir du tout.* »

Cependant on s'accorde à reconnaître que le cervelet est le *centre de coordination des mouvements volontaires*. Cet organe régularise les mouvements, il les coordonne. Le centre de coordination n'existerait que dans le *lobe médian*. On ne sait rien de la fonction des hémisphères cérébelleux.

Les lésions pathologiques, ou expérimentales, qui affectent des parties volumineuses du cervelet, produisent l'*incoordination*, c'est-à-dire le désordre des mouvements, et la *titubation*.

Il est à remarquer que le cervelet est très développé chez les oiseaux et les mammifères, tandis qu'il est rudimentaire chez un grand nombre d'animaux.

Le cervelet est mis en rapport avec toutes les parties des centres nerveux par six pédoncules parfaitement symétriques : avec le bulbe et la moelle par les pédoncules cérébelleux inférieurs, avec la protubérance par les pédoncules moyens et avec le cerveau par les pédoncules supérieurs. Il semble donc qu'il forme par les pédoncules une échelle commissurale entre les diverses parties des centres nerveux, dont il harmonise les fonctions.

Selon quelques savants, on diminue la tonicité musculaire en enlevant la moitié du cervelet aux animaux, les muscles seraient plus flasques et leurs contractions moins énergiques (Luciani).

En résumé, les lésions du cervelet diffèrent de celles du cerveau. Tandis que celles-ci produisent la *paralysie* des muscles, celles-là déterminent l'*atonie* et l'*astasie* des muscles, sans paralysie.

Il n'est donc pas douteux que les fonctions du cervelet sont en rapport avec les mouvements conscients, volontaires, et que cet organe est absolument étranger à toutes les facultés intellectuelles.

Par les fibres *acoustico-cérébelleuses*, il doit avoir quelque connexion physiologique avec le sens de l'ouïe, mais nous l'ignorons au point de vue physiologique.

Lussana et Vulpian, après Gall, en ont fait, sans raisons suffisantes, le centre de l'*amour physique*, de l'instinct génital. De plus, Lussana a placé dans le cervelet le centre du *sens musculaire*. Courmont (1891) y a localisé le centre des *facultés affectives*. Ces opinions n'ont pas prévalu.

Selon A. Thomas, (*Soc. de biologie*, juillet 1899), la destruction d'un hémisphère cérébelleux produit l'*atrophie* des noyaux du pont du côté opposé et cette atrophie est suivie d'une *atrophie secondaire*, de dedans en dehors, du pédoncule cérébelleux moyen. Voilà une conclusion certaine.

Pathologie. — C'est tout ce qu'on sait du *côté physiologique*. La *pathologie* ne nous apprend pas grand'chose.

Les maladies du cervelet sont moins fréquentes que celles du cerveau. On y constate des hémorragies, des ramollissements, des abcès, des scléroses, des tumeurs. Ces lésions donnent des symptômes peu en rapport avec les données anatomiques connues. On peut cependant porter le diagnostic de *lésion cérébelleuse*, lorsqu'un malade éprouve une *douleur* à l'occiput, des *vertiges*, des *vomissements*, des *troubles de la vue* et une *démarche titubante*.

L'*abcès du cervelet* mérite une mention spéciale. Il est presque

toujours consécutif à une otite, qui peut déterminer aussi une inflammation des méninges et des sinus. L'abcès du cervelet présente généralement le *syndrome cérébelleux*, qui consiste en céphalée occipitale, vertige, ictus, perte d'équilibre, titubation, démarche ébrieuse, vomissements, nystagmus, contracture cervicale, névrite optique, asthénie musculaire, somnolence, parésie faciale et strabisme interne (Dieulafoy, *Acad. de médecine*, juin 1900).

La maladie le plus en rapport avec l'anatomie du cervelet est l'*hérédo-ataxie cérébelleuse* de P. Marie. Cette maladie, *familiale*, peut frapper plusieurs générations. Elle est caractérisée anatomiquement par une atrophie du cervelet et, symptomatiquement, par : 1° démarche titubante ; 2° station difficile et oscillante ; 3° tremblement dans les mouvements volontaires des membres supérieurs ; 4° trouble de la parole ; 5° nystagmus ; 6° exagération des réflexes rotuliens ; 7° troubles visuels variés.

§ 4. — QUATRIÈME VENTRICULE

Le quatrième ventricule n'est pas une cavité intermédiaire au cervelet et au bulbe, ainsi qu'on le dit souvent ; c'est une partie de

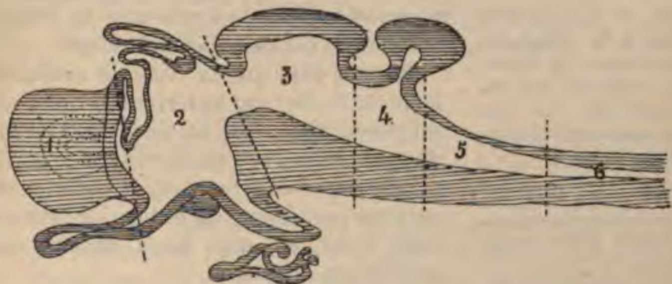


Fig. 481. — Coupe schématique de l'encéphale d'un embryon de mammifère (d'après Edinger).

1, cerveau terminal, ou téleneéphale. — 2, cerveau intermédiaire ou diencéphale. (Le cerveau terminal et le cerveau intermédiaire sont formés par la division de la vésicule cérébrale primitive antérieure en deux vésicules secondaires). — 3, cerveau moyen formé par la vésicule moyenne. — 4, cerveau postérieur et isthme du rhombencéphale. — 5, arrière-cerveau ou myélencéphale. (Ces deux dernières régions sont formées par la vésicule cérébrale primitive postérieure divisée en deux vésicules secondaires.) — 6, moelle épinière.

On voit, dans le cerveau intermédiaire, en bas l'origine du nerf optique et l'hypophyse, en haut la commissure postérieure, l'épiphyse et la toile choroïdienne supérieure.

la *cavité encéphalo-médullaire*, au même titre que les autres ventricules. Autrement dit, c'est une dilatation de la partie supérieure du canal de la moelle.

Pour bien comprendre le quatrième ventricule, il faut se reporter à l'époque des formations embryonnaires.

Après quelques heures d'incubation, la gouttière neurale, dépression longitudinale de l'ectoderme, se transforme en canal par soudure des bords de la gouttière. Ce canal, *canal neural*, première ébauche des organes, dès le commencement du second jour, présente déjà trois ampoules, ou renflements, à sa partie antérieure, ainsi qu'on peut le voir dans la figure 482. Ce canal est ouvert à ses deux extrémités : en avant, il se forme, sur la vésicule antérieure (1) une fente verticale, e *neuropore antérieur*. En arrière, le canal neural est encore ouvert du côté de sa face dorsale, *sinus rhomboïdal*.



Fig. 482. — Embryon de poulet à la vingt-neuvième heure de l'incution, grossi 15 fois. Développement du système nerveux (d'après Mathias Duval).

1, contour de la coupe. — 2, vésicule cérébrale antérieure. — 3, vésicule cérébrale moyenne. — 4, vésicule cérébrale postérieure. — 5, prévertèbres différenciées dans le mésoderme. — 6, partie postérieure de la gouttière médullaire non encore fermée et ligne primitive audessous. — 7, veine omphalo-mésentérique.

Au bout de quatre semaines, l'accroissement des parois du canal neural est devenu considérable. Si l'on jette les yeux sur la figure 483, on voit que les trois vésicules cérébrales, situées primitivement sur la même ligne longitudinale, se sont infléchies, de sorte que la vésicule antérieure est devenue inférieure.

On voit déjà que la vésicule antérieure formera le cerveau antérieur et le cerveau intermédiaire, que la vésicule moyenne donnera naissance au cerveau moyen C*m*, et que la vésicule postérieure donnera le cerveau postérieur C*p* et l'arrière-cerveau C*pp*. C'est ici que nous devons nous arrêter un instant.

Cette figure montre bien que les centres nerveux de l'embryon constituent un tube irrégulier dont la cavité est unique. Issu de l'ectoderme, ce tube est constitué, au début, par une simple couche épithéliale limitant la cavité inté-

(1) Les descriptions du quatrième ventricule manquent parfois de clarté, parce que les auteurs ne s'accordent pas sur la situation des organes. L'embryon est décrit couché, la tête en avant, et la face ventrale en bas. Après la naissance, la partie antérieure devient supérieure. J'avertis donc le lecteur que le quatrième ventricule sera décrit dans la situation verticale comme il l'est chez l'adulte.

rieure ou *cavité de l'épendymé*. Les éléments nerveux, devant former cerveau, cervelet, moelle, etc., se développent à l'extérieur de cette membrane. Au fur et à mesure de ce développement, la cavité de l'épendyme se trouvera modifiée, tantôt étroite, tantôt large, de manière à former un mince canal, dans la moelle, et les cavités ventriculaires, dans l'encéphale.



Fig. 483. — Système nerveux d'un embryon de quatre semaines (d'après His). On voit la flexion considérable de la vésicule antérieure et la courbure du vertex formée par la vésicule moyenne.

Ca, cerveau antérieur (hémisphères cérébraux). — *Ci*, cerveau intermédiaire. — *Cm*, cerveau moyen (vésicule moyenne). — *Cp*, cerveau postérieur. — *Cpp*, arrière-cerveau. — *Cn*, courbure nuquale. — *Cv*, courbure du vertex. — *i*, isthme du rhombencéphale. — *Vo*, vésicule oculaire. — *Tm*, tubercule mamillaire. — *In*, infundibulum cérébral. — *Hy*, hypophyse pharyngienne. — *Cp*, courbure de la protubérance. — *Fr*, membrane obturatrice. — *Au*, vésicule auditive.

Membrane obturatrice. — Tandis que les parois du canal neural s'épaississent, il y a un point particulier de ce canal qui reste à peu près à l'état épithélial, et qui ne se recouvre que d'une mince couche d'éléments nerveux. Ce point spécial se trouve à la partie postérieure de l'arrière-cerveau, c'est-à-dire en arrière du bulbe rachidien. Il a reçu de Kölliker le nom de *membrane obturatrice*.

La membrane obturatrice se voit de profil dans la figure 483 et de face dans la figure 485.

Elle a la forme d'une rhombe, ou mieux d'un losange. Sa *face postérieure* est recouverte par la pie-mère comme toute la surface des centres nerveux.

Sa *face antérieure* regarde la cavité du canal neural. Ses bords sont confondus avec le reste de la paroi du canal neural.

Structure. — La membrane obturatrice est formée de trois couches : 1° une couche épithéliale, antérieure, qui fait suite à l'épithélium de l'épendyme ; 2° une couche moyenne, de nature

nerveuse, mince surtout vers la ligne médiane ; 3° une couche cellulo-vasculaire qui n'est autre que la pie mère.

Nous verrons bientôt que cette membrane est une véritable soupape des cavités épendymaires. Par suite d'évolutions con-



Fig. 484. — Coupe schématique antéro-postérieure de l'encéphale d'un embryon humain d'un mois (d'après His). La ligne ombrée représente la paroi des cinq vésicules cérébrales limitant une cavité générale devant former plus tard les ventricules.

1, myélencéphale ou moelle allongée (2, partie antérieure. 3, partie postérieure). — 4, métencéphale (5, protubérance, 6, cervelet). — 7, isthme du rhombencéphale. Le myélencéphale, le métencéphale et l'isthme du rhombencéphale sont formés par la vésicule cérébrale *primitive* postérieure divisée en deux vésicules *secondaires.* — 8, pédoncules cérébraux. — 9, pédoncules cérébelleux supérieurs et valvule de Vieussens.

10, métencéphale ou cerveau moyen Le métencéphale, ou cerveau moyen, est produit par la vésicule cérébrale moyenne non divisée. — 11, continuation des pédoncules cérébraux. — 12, tubercules quadrijumeaux.

13, diencéphale ou cerveau intermédiaire (14, partie mamillaire de l'hypothalamus, 15, thalamus, 16, métathalamus, 17, épithalamus). — 18, télencéphale ou cerveau terminal, Le diencéphale (cerveau intermédiaire) et le télencéphale (cerveau terminal) dérivent de la vésicule *primitive* antérieure divisée en deux vésicules *secondaires.* — (19, partie optique de l'hypothalamus, 20, corps strié, 21, rhinencéphale, 22, pallium.)

Les inflexions, contorsions, transformations, sont si rapides chez l'embryon que des parties volumineuses arrivent à s'atrophier tandis que des parties très petites se développent, d'où il résulte que certaines régions sont à peu près méconnaissables et qu'il faut les suivre pas à pas dans leur évolution.

sécutives, la membrane obturatrice va se transformer. Sa partie supérieure et moyenne formera la valvule de Vieussens ; la partie supérieure et latérale donnera naissance, de chaque côté de la valvule, aux pédoncules cérébelleux supérieurs.

Le quatrième ventricule est fermé. — Le quatrième ventricule à ce moment, représente une cavité fermée sans communication extérieure. C'est un élargissement de la cavité de l'épendyme,

située en arrière du bulbe et de la protubérance, communiquant, en bas, avec le canal central de la moelle qui formera l'angle inférieur du quatrième ventricule, et en haut avec l'aqueduc de Sylvius qui formera l'angle supérieur du ventricule.

1° Quatrième ventricule de l'embryon. — Chez l'embryon, au deuxième mois, le quatrième ventricule a donc la forme d'une cavité losangique à *paroi postérieure*, membrane obturatrice, à *paroi antérieure*, bulbe et protubérance, à *bords supérieurs*, adhérence des pédoncules cérébelleux supérieurs à la protubérance, à *bords inférieurs*, adhérence de la membrane obturatrice aux parties latérales du bulbe, à *angle supérieur*, aqueduc de Sylvius, à *angle inférieur*, canal de la moelle, à *angles latéraux*, point d'union des trois pédoncules cérébelleux.



Fig. 485. — Face postérieure d'encéphale d'embryon humain de 4 semaines (d'après His).

1, partie postérieure du cerveau moyen (formé par la vésicule moyenne). — 2, cerveau postérieur. — 3, arrière-cerveau, ou moelle allongée, ou bulbe. — 4, moelle épinière. — 5, ganglion acoustico-facial. — 6, membrane obturatrice, de forme losangique, paroi du 4e ventricule. 7, isthme du rhombencéphale. — 8, ganglion de Gasser. — 9, ganglion ciliaire. — 10, un hémisphère du cervelet. — 11, ganglion du glosso-pharyngien. — 12, ganglion du pneumogastrique. — 13, vésicule auditive.

Modification de la membrane obturatrice. — Par suite du développement, la partie supérieure de la membrane obturatrice et les parties qui l'avoisinent donnent naissance au cervelet, aux pédoncules cérébelleux supérieurs et à la valvule de Vieussens.

Le cervelet se développe donc aux dépens de la partie supérieure de la moelle allongée. Le lobe médian se montre d'abord, et au quatrième mois il présente déjà trois ou quatre sillons. Les hémisphères se montrent vers le milieu du quatrième mois, en même temps que les pédoncules cérébelleux moyens. A cinq mois, le cervelet est complètement formé.

On comprend que le développement du cervelet doit produire des modifications dans la membrane obturatrice.

Nous avons vu que cette membrane est formée de trois feuillets ainsi superposés de la profondeur vers la superficie : un feuillet épithélial épendymaire, un feuillet nerveux et le feuillet fibreux.

Feuillet épithélial. — Ce feuillet, qui tapisse toute l'étendue du quatrième ventricule, se continuant en haut avec celui de l'aque-

duc de Sylvius et en bas avec celui du canal de la moelle, est entraîné naturellement en arrière par suite du développement du cervelet. Ce feuillet s'étend à mesure que le cervelet s'allonge et se porte en arrière. Il recouvre la face inférieure du pédoncule cérébelleux supérieur et de la valvule de Vieussens dans toute son étendue, puis il s'enfonce dans une concavité du cervelet, au-dessus de la luette et des valvules de Tarin, *nid d'hirondelle* de Reil. Il

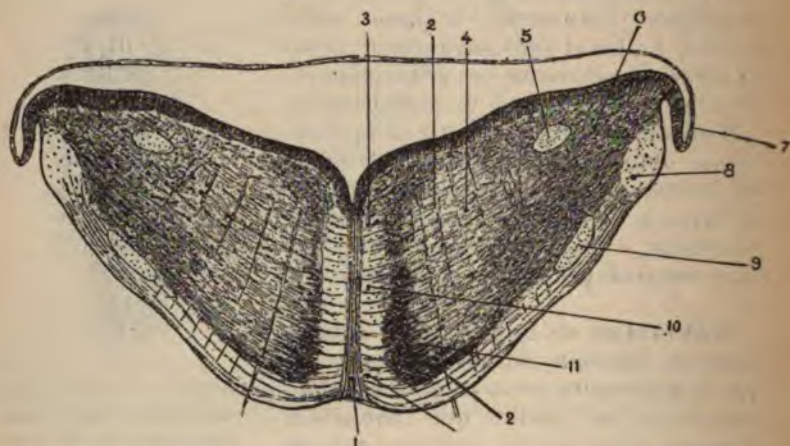


Fig. 486. — Coupe transversale du bulbe rachidien, du quatrième ventricule et de la membrane rhomboïdale d'un embryon humain au commencement du deuxième mois (d'après His).

1, raphé médian. — 2, 2, lame fondamentale. — 3, faisceau longitudinal postérieur. — 4, substance réticulée. — 5, faisceau solitaire. — 6, lame alaire. — 7, lèvre rhomboïdale secondaire. — 8, pédoncule cérébelleux inférieur. — 9, racine spinale du trijumeau. — 10, reste du cordon latéral.

La ligne noire transversale est la membrane obturatrice.

recouvre la luette, les parois du nid situé au-dessus des valvules de Tarin, et la face supérieure de ces valvules. Arrivé au bord libre, ou antérieur, de ces valvules, il descend vers l'angle inférieur du quatrième ventricule pour se continuer avec l'épithélium du canal de la moelle.

Feuillet nerveux. — Ce feuillet est certainement le plus important. Il constitue la *membrana tectoria*, à laquelle quelques auteurs rattachent le feuillet épithélial. Il est mince, souvent incomplet, surtout vers la ligne médiane. Ce feuillet, situé entre la couche épithéliale et la pie-mère, fait partie de la membrane obturatrice épithéliale qu'il double en dehors.

Il cesse *en bas*, au moment où l'épithélium l'abandonne pour recouvrir le canal de la moelle, et là il se continue avec la commissure grise postérieure de la moelle en avant du bec du calamus scriptorius, autrement dit avec le verrou.

Latéralement, il s'arrête au bord interne des pyramides postérieures et des pédoncules cérébelleux inférieurs, et s'y fixe au moment où l'épithélium se réfléchit sur le plancher du quatrième ventricule.

En haut, le feuillet nerveux, toujours recouvert à sa face interne par le feuillet épithélial, se confond avec le bord libre de la valvule de Tarin et avec la luette.

Ce feuillet se résorbe vers sa partie moyenne par une sorte de processus atrophique, et il n'en reste que des débris vers ses bords. Ces débris, périphériques pour ainsi dire, sont en bas, le *verrou*, en haut, les *valvules de Tarin* et sur les côtés la *ligula*.

Verrou. — Le verrou, ou *obex*, est très variable quant à ses dimensions, et même quant à son existence, car il manque parfois. Ces variations dépendent de celles du feuillet nerveux de la membrane obturatrice. Le verrou, doublé par l'épithélium en avant et par la pie-mère en arrière, accompagne l'épithélium jusqu'à la commissure grise avec laquelle il se confond. Il est situé par conséquent en avant du bec du calamus, immédiatement en arrière de l'ouverture du canal central de la moelle ; les pyramides postérieures le débordent en arrière. En d'autres termes, le verrou est le bord postérieur de l'ouverture du canal de la moelle dans le quatrième ventricule.

Ligula. — La ligula est la partie latérale du feuillet nerveux. Connue aussi sous le nom de *tænia*, la ligula se fixe par son *bord externe* dans l'angle que forment la pyramide postérieure et le pédoncule cérébelleux inférieur avec le plancher du quatrième ventricule. Son *bord interne* est déchiqueté, très mince et situé entre la pie-mère et l'épithélium. Son *extrémité inférieure* se continue, ou non, avec l'obex, selon que le feuillet nerveux est plus ou moins développé. A son *extrémité supérieure*, la ligula s'incline en dehors, décrit une courbe, et fournit aux plexus choroïdes latéraux du quatrième ventricule une enveloppe presque complète, en forme de cornet, d'après Bochdaleck. C'est ce qu'on appelle la *corne d'abondance* ou la *corbeille de fleurs*. La largeur de la ligula est variable ; complètement atrophiée chez certains sujets, elle occupe chez d'autres une certaine étendue. On l'a même vue se confondre avec celle du côté opposé.

Feuillet fibreux. — Il est formé par la pie-mère.

Lorsque le cervelet se développe, il refoule en arrière la pie-mère qui l'enveloppe. Mais cette membrane entoure la moelle, le bulbe et la membrane obturatrice. On comprend donc que la pie-mère, qui recouvre la face inférieure du cervelet, vienne s'appliquer à celle qui recouvre la membrane obturatrice, de manière à former un double feuillet. Ce feuillet double porte le nom de *toile choroïdienne inférieure*.

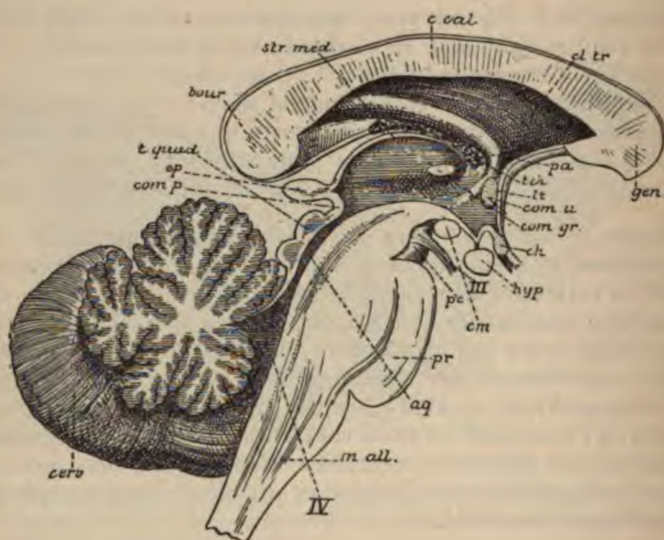


Fig. 487. — Coupe antéro-postérieure de la base de l'encéphale montrant les cavités réduites des vésicules cérébrales, c'est-à-dire le ventricule moyen, l'aqueduc de Sylvius, *aq*, et le quatrième ventricule IV. Cette figure montre bien la continuité de la valvule de Vieussens avec le lobe médian du cervelet.

Il cesse en haut, un peu au-dessous des valvules de Tarin, par un bord libre qui est le point d'adossement du feuillet cérébelleux et du feuillet rhomboïdal.

On décrit à la toile choroïdienne une *face antérieure* recouverte par l'épithélium du quatrième ventricule et la *membrana tectoria*, une *face postérieure* baignée par le liquide céphalo-rachidien, un *bord supérieur* libre et deux *bords latéraux* adhérents aux pyramides postérieures et se continuant avec la pie-mère. Son angle inférieur adhère aux bords du bec du calamus et ses angles latéraux se continuent avec la pie-mère au niveau du point de réunion des trois pédoncules cérébelleux.

Plexus choroïdes. — Parmi les transformations étranges qui se produisent dans la membrane obturatrice, il en est une fort remarquable, c'est la formation des *plexus choroïdes du quatrième ventricule*. Voici comment les choses se passent. La pie-mère, vers sa partie moyenne, refoule la couche épithéliale et pénètre dans la cavité du quatrième ventricule. En même temps, il se développe dans cette pie-mère des *touffes vasculaires* sur la ligne médiane, formant deux séries ou lignes verticales. Vers le bord supérieur de la toile choroïdienne, ces touffes vasculaires se continuent transversalement jusqu'aux angles latéraux du quatrième ventricule. Elles sortent à l'extérieur, en partie recouvertes par la corne d'abondance. Ces plexus choroïdes ont la forme d'un T dont la branche verticale serait double.

Trou de Magendie (1). — La *toile choroïdienne* s'atrophie vers sa partie inférieure ; elle se résorbe, de sorte qu'il se forme une communication entre le quatrième ventricule et l'espace sous arachnoïdien. Ce trou est le *trou de Magendie,* situé dans la toile choroïdienne, près de son angle inférieur.

Une résorption analogue se forme aux angles latéraux de la toile choroïdienne, et il apparaît également un trou de chaque côté. On appelle cette ouverture *trou de Luschka*. Il donne passage au plexus choroïde latéral.

On voit que le processus atrophique joue un grand rôle dans la constitution du quatrième ventricule.

2° Régions du quatrième ventricule chez l'adulte. — Le quatrième ventricule, cavité à forme losangique très aplatie offre une longueur de 3 centimètres ; il a 2 centimètres dans sa plus grande largeur. Il présente une paroi antérieure ou *plancher*, une paroi postérieure ou *voûte*; quatre bords latéraux et quatre angles.

Paroi antérieure ou **plancher du quatrième ventricule.** — Le plancher est formé par la protubérance annulaire dans sa moitié supérieure, et par le bulbe rachidien dans sa moitié inférieure. Il est recouvert d'une couche de substance grise, par suite de l'écartement des cordons postérieurs de la moelle et de l'élargissement du canal central de la moelle.

On trouve sur le plancher, un sillon médian qui se poursuit en haut dans l'aqueduc de Sylvius et en bas dans le canal de la

(1) Magendie (François). Né à Bordeaux en 1783, mort en 1855. Professeur au collège de France ; fut le maître de Claude Bernard. A prouvé le premier que les racines postérieures des nerfs rachidiens sont sensitives et leurs racines antérieures motrices.

moelle, connu, depuis Hérophile (1) sous le nom de *calamus scriptorius*.

On peut diviser le plancher du quatrième ventricule en deux moitiés triangulaires par une ligne transversale réunissant les deux angles latéraux, *moitié protubérantielle* et *moitié bulbaire*.

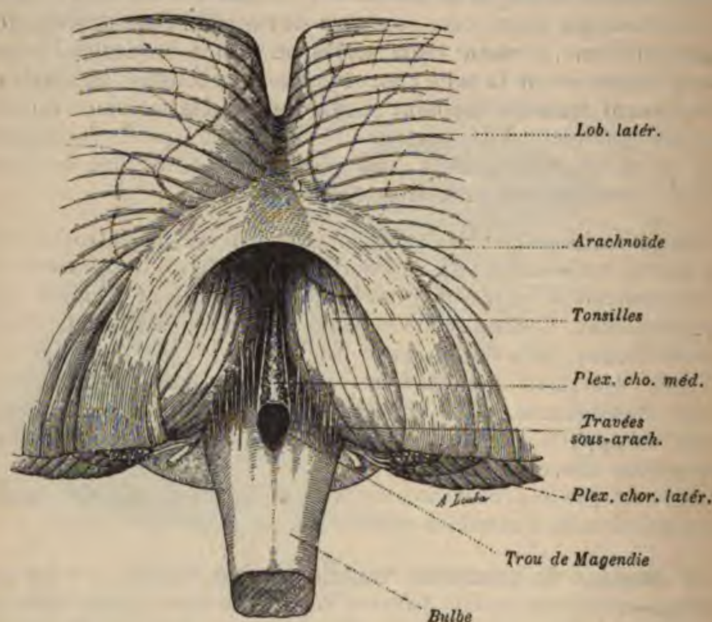


Fig. 488. — Trou de Magendie ; le bulbe est écarté du cervelet et l'arachnoïde est sectionnée.

Sur chaque *moitié bulbaire* on trouve, de dedans en dehors, l'aile blanche interne, l'aile grise, l'aile blanche externe et les stries médullaires du nerf auditif. Ces parties ont été décrites avec le bulbe rachidien (voy. *Bulbe*).

Sur la *moitié protubérantielle*, on voit vers le milieu du plan-

(1) Hérophile. Vivait au IVe siècle avant notre ère. Elève de Praxagoras et médecin à Alexandrie ; il fut, avec Erasistrate, le premier qui ait disséqué des cadavres humains.

Tertullien lui donne le nom de boucher, à cause des six cents cadavres qu'il a disséqués.

Fallope avait une si grande admiration pour cet auteur, qu'il disait que contredire Hérophile en fait d'anatomie, c'était contredire l'Evangile.

cher, au point d'union des portions protubérantielle et bulbaire, près du sillon médian, un petit mamelon, *eminentia teres*, correspondant au noyau d'origine commun du facial et du moteur oculaire externe. Au-dessus de cette saillie le long du sillon médian se trouve le *funiculus teres*. Une légère dépression triangulaire existe en dehors et au-dessus de l'éminentia teres, c'est la fossette supérieure ou *fovea superior*. Un peu plus haut, près de la limite du plancher, on voit une tache d'un bleu ardoisé, dû à la pigmentation des cellules nerveuses de cette région, c'est le *locus cœruleus*, correspondant à l'une des racines du trijumeau (sensitive) (fig. 490).

Enfin, au-dessus de l'aile blanche externe, c'est-à-dire du noyau de l'acoustique, au-dessous du locus cœruleus, on trouve une légère saillie appelée *tubercule de Wenzel*.

Il y a donc sur le plancher du quatrième ventricule les noyaux d'origine de trois nerfs moteurs, et les noyaux terminaux de quatre nerfs sensitifs.



Fig. 489. — Face postérieure du bulbe rachidien et plancher du 4e ventricule.

1, 1, tubercules quadrijumeaux antérieurs. — 2, 2, tubercules postérieurs. — 3, 3, pédoncules cérébelleux supérieurs. — 4, 4, coupe des pédoncules moyens. — 5, 5, coupe des pédoncules inférieurs. — 6, 6, cordons postérieurs de la moelle. — 7, 7, faisceaux de Goll. — 8, 8, pyramides postérieures (clava). — 9, 9, pédoncules cérébelleux inférieurs. — 10, 10, racines postérieures du nerf auditif. — 11, 11, faisceau triangulaire du ruban de Reil. — 12, 12, coupe des pédoncules cérébraux. — 13, 14, pédoncules postérieurs de la glande pinéale et glande pinéale.

Cl. Bernard a établi les faits suivants :

L'excitation des divers points qui correspondent aux noyaux des nerfs amène des phénomènes remarquables.

1° Parlons d'abord de l'*aile grise*. Au-dessous d'elle dans l'épaisseur du bulbe, est le noyau du pneumogastrique. C'est là que siège le *nœud vital*, le *centre respiratoire*. C'est le point que les équarrisseurs choisissent pour enfoncer le couteau, pour *énerver*, disent-ils, pour abattre les chevaux.

Une piqûre ne suffit pas à produire la mort foudroyante. Il faut une section étendue de quelques millimètres en largeur. Si elle est faite au centre même du noyau, la mort est instantanée. Un peu au-dessous ou un peu au-dessus, la mort n'est pas immédiate.

2° Si on pique le plancher un peu au-dessus et en dehors de l'aile grise, on excite un *centre* qui produit la *polyurie* et le *diabète artificiel*. L'animal urine une grande quantité de liquide sucré.

3° La piqûre faite un peu plus haut fait apparaître de l'*albumine* dans l'urine, avec peu de sucre. Il y a moins de polyurie.

4° La piqûre faite sur le tubercule de Wenzel, au-dessus de l'aile blanche externe, origine de l'auditif, produit de la *polyurie abondante*, sans sucre, ni albumine.

5° Piquant encore plus haut en face de l'origine du nerf moteur oculaire externe, on produit une exagération de la sécrétion salivaire (ptyalisme).

Paroi postérieure ou voûte du quatrième ventricule (tegmentum). — On peut la diviser aussi en deux triangles par une ligne transversale unissant les deux angles latéraux. Ces deux triangles se portent en arrière de manière à fournir un sommet comme le faîte d'un toit. Le *triangle supérieur* est formé par la valvule de Vieussen et les pédoncules cérébelleux supérieurs, et plus en arrière par la luette et les valvules de Tarin.

Le *triangle inférieur* est formé par la toile choroïdienne et les plexus choroïdes. Entre ces deux triangles il n'y a aucune solution de continuité ; le feuillet épithélial se porte de l'un à l'autre, le feuillet nerveux s'arrête en haut au bord libre des valvules de Tarin, il est souvent en partie atrophié. Quant au feuillet fibreux, appartenant à la pie-mère, il cesse d'exister au moment où il se replie à l'union des deux triangles (voy. *Bulbe*).

L'existence du *trou de Magendie* a été niée ; Reichert, Kölliker, Cruveilhier, Mouret (1891), et Cannieu (1898) pensent qu'il est dû à un artifice de préparation. D'un autre côté cet orifice est admis par la plupart des auteurs : Marc Sée, Charpy, Fort, etc. Sée a injecté dans l'espace sous-arachnoïdien un liquide coloré qui a passé dans les ventricules. Moi-même j'ai fait des expériences qui n'ont pas été publiées. J'ai ouvert le crâne et enlevé la partie supérieure des hémisphères. Des liquides colorés injectés avec douceur dans le troisième ventricule sont passés dans le confluent postérieur du liquide céphalo-rachidien en arrière du bulbe.

Il est également probable que les *trous de Luschka* existent et qu'ils remplissent le même usage que le trou de Magendie.

Les vestiges de la couche nerveuse de la membrane obturatrice font aussi partie de la partie inférieure de la voûte. Le verrou forme la partie inférieure de cette voûte, la ligula en forme les parties latérales, tandis que la partie médiane est réduite à son feuillet épithélial et à quelques faisceaux nerveux doublant la toile choroïdienne.

Bords. — Les *bords supérieurs,* symétriques, sont formés par le point de fusion des pédoncules cérébelleux supérieurs avec la protubérance.

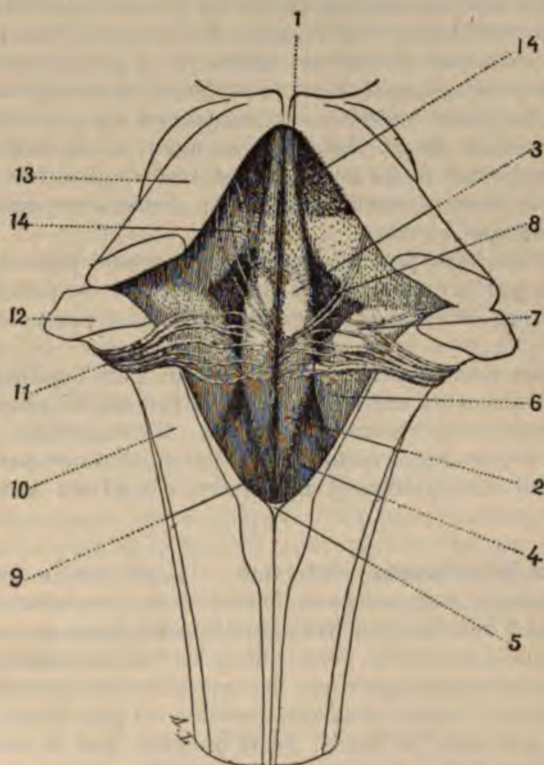


Fig. 490. — Plancher du 4e ventricule (d'aprés Poirier).

1, funiculus teres. — 2, aile blanche interne (trigone de l'hypoglosse). — 3, eminentia teres. — 4, aile grise (trigone de la 9e et de la 10e paire). — 5, obex. — 6, aile blanche externe (noyau de l'acoustique). — 7, tubercule acoustique (tubercule de Wenzel). — 8, stries médullaires ascendantes, ou baguette de Bergmann, passant dans la *fovea superior*. — 9, tige du calamus scriptorius. — 10, pédoncule cérébelleux inférieur. — 11, stries médullaires de l'acoustique (barbes du calamus). — 12, coupe du pédoncule cérébelleux inférieur. — 13, pédoncule cérébelleux supérieur. — 14, locus cœruleus (à droite). — 14, (à gauche) stries médullaires ascendantes.

Les *bords inférieurs* sont formés par le point d'insertion des bords latéraux de la toile choroïdienne sur les pyramides postérieures et les pédoncules cérébelleux inférieurs.

Angles. — L'*angle supérieur* est l'ouverture inférieure de l'aqueduc de Sylvius.

L'*angle inférieur* est l'ouverture du canal de la moelle. En arrière de cet angle se trouvent le verrou et le bec du calamus, au point de contact des deux pyramides postérieures.

Les *angles latéraux* correspondent au point de contact des trois pédoncules cérébelleux. Au-dessous de ce point, vers la partie courbe du pédoncule cérébelleux inférieur, la cavité ventriculaire présente un prolongement. C'est le *recessus lateralis* de Reichert.

Ce *recessus*, situé en arrière et au-dessous du pédoncule inférieur, est au-dessous du *flocculus*, en avant et au-dessus de la toile choroïdienne et de la ligula. Le trou de Luschka est son ouverture extérieure, vers l'origine du glosso-pharyngien et du pneumogastrique.

Dans ce recessus passent le plexus choroïde latéral, recouvert par la partie externe de la ligula. On voit en dehors de ce point un trou, le *trou de Luschka*, par lequel passe le plexus choroïde.

La *cavité ventriculaire* est recouverte par l'épithélium de l'épendyme qui est pourvu de cils vibratiles sur le plancher, et dans la moitié supérieure de la voûte. Il est partout continu, excepté au niveau des ouvertures, et il fait suite, d'une part à celui de l'aqueduc de Sylvius, et de l'autre à celui du canal de la moelle.

Fonctions du quatrième ventricule. — Il est certain qu'il n'y a aucun appareil ni aucun organe de luxe dans l'économie animale. Tout organe a une fonction. Si la cavité épendymaire présente une portion amincie, atrophiée, perméable, c'est évidemment dans quelque but. Il est à remarquer que la communication entre la cavité épendymaire et l'espace sous-arachnoïdien est plus facile après la naissance que chez le fœtus. Je m'imagine que la membrane obturatrice est une sorte de soupape pour le contenu des cavités ventriculaires.

Il n'est pas douteux que la cavité épendymaire de l'embryon renferme une petite quantité de liquide, venu par exsudation des cellules épithéliales. Rien n'est délicat comme les éléments nerveux, et il n'est pas difficile de voir toutes les précautions prises par la nature pour éviter un ébranlement quelconque qui pourrait leur être préjudiciable. On peut s'en rendre compte par le mode de distribution des vaisseaux dans la substance nerveuse; contrairement à ce qui se passe pour les autres organes, les artères se ramifient à l'infini dans l'épaisseur de la membrane d'enveloppe des centres nerveux, et les capillaires seuls pénètrent dans leur épaisseur. Il est infiniment probable que l'épithélium qui forme presque à lui seul la partie centrale de la toile choroïdienne, est

perméable et facilite la communication entre le liquide céphalo-rachidien et le liquide intra-épendymaire, par transsudation.

Après la naissance, les voies de communication demandent à être plus larges, et la cavité épendymaire, pleine du liquide céphalo-rachidien, a besoin, dans certains cas, d'être évacuée avec plus de rapidité, d'où la présence du trou de Magendie.

On sait qu'à l'état de veille, et surtout pendant le travail intellectuel, le cerveau se congestionne. Cette congestion détermine nécessairement une augmentation de volume de la masse cérébrale, et si cet agrandissement du cerveau se fait à l'extérieur, il doit également s'opérer du côté de la cavité épendymaire, qu'il rétrécit. La délicatesse des éléments nerveux exige donc, sous peine de compression excentrique, l'évacuation plus ou moins rapide du liquide contenu dans l'épendyme.

Il faut aussi qu'il existe un certain équilibre, une harmonie, entre les différentes compressions que subit la masse nerveuse à l'intérieur comme à l'extérieur. Il est donc probable que la tension exercée par le liquide de l'épendyme contre les parois de la cavité subit de la part de la circulation artérielle et de la respiration les mêmes variations que le liquide céphalo-rachidien.

C'est pour cela que je pense qu'on peut considérer la membrane obturatrice comme une soupape de la cavité épendymaire, et ce qui me paraît donner de la force à cette opinion c'est que le plancher du quatrième ventricule et la moitié supérieure de la voûte sont revêtus d'une couche d'épithélium cylindrique à cils vibratiles situé sur une couche de névroglie. Or, partout où il y a des cils, il y a des mouvements.

§ 5. — VALVULE DE VIEUSSENS

La valvule de Vieussens (1) est une mince membrane nerveuse de forme triangulaire, faisant partie du lobe médian du cervelet.

Sa *base* est confondue avec la substance blanche du lobe médian.

Son *sommet* est situé en arrière des tubercules quadrijumeaux, au point de convergence des deux pédoncules cérébelleux supérieurs. De ce sommet part un prolongement nerveux, *frein de la valvule* de Vieussens. De ce prolongement on voit naître deux faisceaux de fibres nerveuses. Ce sont les nerfs pathétiques.

(1) Vieussens (Raymond de). Né en 1641, mort en 1715. Médecin de l'hôpital Saint-Eloy de Montpellier depuis 1671. Il publia en 1684 sa *Nevrographia universalis*.

Sa *face inférieure* concourt à la formation de la voûte du quatrième ventricule. Elle est en contact en arrière avec la luette, et elle est recouverte par l'épithélium de l'épendyme.

Ses *bords* se confondent avec le bord interne des pédoncules cérébelleux supérieurs ; la face inférieure de ces pédoncules et de la valvule de Vieussens forme la moitié supérieure de la voûte du quatrième ventricule.

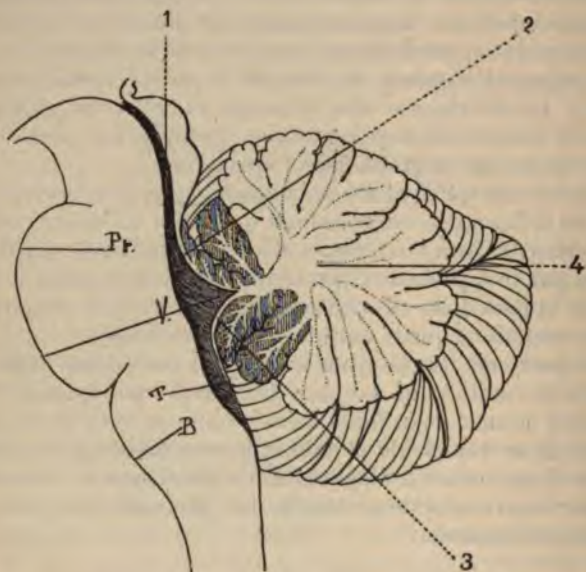


Fig. 491. — Coupe antéro-postérieure du cerveau rhomboïdal et du cerveau moyen (valvule de Vieussens), d'après Poirier.

1, aqueduc de Sylvius. — 2, valvule de Vieussens. — 3, valvule de Tarin. — Pr, protubérance. — V, quatrième ventricule. — T, membrana tectoria. — B, bulbe.

Sa *face supérieure*, recouverte par la pie-mère, est en contact avec les lamelles du vermis supérior. Il suffit d'écarter ou de sectionner ces lamelles pour mettre à nu la valvule. La partie du vermis qui la recouvre et fait corps avec elle est la *lingula*.

Dans sa *structure*, la valvule de Vieussens présente deux lames de substance nerveuse : une *lame inférieure*, formée de substance blanche, en continuité avec celle du lobe médian du cervelet ; on lui donne le nom de voile médullaire antérieur ; la *lame supérieure* est formée de substance grise qui n'occupe que les trois quarts postérieurs de la valvule. Elle présente des sillons trans-

On voit nettement, à l'œil nu, les faisceaux des fibres qui les composent.

Dimensions. — Les pédoncules cérébraux mesurent, en longueur près de 2 centimètres au bord interne et 1 centimètre et demi au bord externe; en largeur, 1 centimètre et demi à leur origine et 2 centimètres à leur terminaison; en épaisseur, 2 centimètres.

La *face inférieure* est limitée en avant par la bandelette optique qui embrasse les pédoncules cérébraux. Elle est masquée par la circonvolution de l'hippocampe. Cette face présente des fibres et des sillons divergents en forme d'éventail.

La *face supérieure* est cachée par les tubercules quadrijumeaux.

La *face interne* est séparée de celle du côté opposé par un triangle de substance nerveuse percé de trous ; c'est la *substance perforée postérieure* ou *espace interpédonculaire*, qui laisse passer de nombreux vaisseaux. La partie inférieure de la face interne présente un sillon antéro-postérieur, de couleur un peu foncée, à cause de la présence du *locus niger* situé profondément. De ce sillon on voit sortir les racines du *nerf moteur oculaire commun*.

La *face externe* est contournée par la circonvolution de l'hippocampe, par le nerf pathétique et par des vaisseaux. On y voit un sillon horizontal, antéro-postérieur, sillon latéral de l'isthme, qui la divise en deux parties, une inférieure qui est la face externe du pédoncule et une supérieure de forme triangulaire qu'on nomme *faisceau latéral de l'isthme*.

L'*extrémité postérieure* se continue avec la protubérance.

L'*extrémité antérieure* pénètre dans le cerveau.

Structure des pédoncules cérébraux.

Pour bien enseigner il faut bien exposer. Pour bien exposer il faut une bonne méthode. C'est ici qu'on peut s'en convaincre.

Les pédoncules cérébraux étant le seul lien entre le cerveau et le reste de l'encéphale, il convient de bien connaître les éléments divers qui entrent dans leur composition, et surtout le trajet de leurs fibres, leur origine et leur terminaison, autant que le permet l'état de la science.

Établissons d'abord une division. Faites une section de chaque pédoncule cérébral depuis le sillon latéral de la face externe jusqu'au sillon du moteur oculaire commun, vous détacherez une couche inférieure qu'on appelle le *plan inférieur*, ou le *pied du*

pédoncule (*crusta*, *pes*). Faites une section transversale passant par l'aqueduc de Sylvius, vous détacherez en haut la *région des tubercules quadrijumeaux*. La partie qui restera entre le plan inférieur ou pied, et le plan supérieur des tubercules quadrijumeaux, porte le nom de *plan supérieur* des pédoncules cérébraux ou *calotte*. Nous étudierons ces trois couches, puis la substance grise des pédoncules, enfin les fibres qui les parcourent.

1° Plan inférieur ou pied du pédoncule cérébral. — Limité en dedans par le sillon du nerf moteur oculaire commun, en dehors par le sillon latéral de l'isthme, le plan inférieur du pédoncule est formé de fibres blanches fasciculées, motrices et sensitives. On peut le diviser en cinq parties : le *faisceau géniculé* et la branche terminale interne du ruban de Reil occupent le cinquième interne ; le *faisceau sensitif* le cinquième externe ; les trois cinquièmes moyens sont occupés par le *faisceau pyramidal*.

Le plan inférieur est séparé de la calotte par le *locus niger* de Sœmmering (1), amas de substance grise, à cellules pigmentées, étendu du voisinage du sillon externe du pédoncule au sillon interne. Plus épais à la partie interne, le locus niger s'étend, d'arrière en avant, de la partie supérieure de la protubérance au *corps de Luys*, situé au-dessous de la couche optique. On ne sait rien des fonctions du locus niger ni des fibres nerveuses qui en partent ou qui y arrivent.

Les faisceaux de fibres les plus voisins du locus niger sont infiltrés de cellules nerveuses ; elles forment un plan, sous-jacent au locus niger, nommé *stratum intermedium*.

2° Plan supérieur ou calotte du pédoncule cérébral. — Le plan supérieur renferme une certaine quantité de *formation réticulaire* faisant suite à celle de la protubérance. La formation réticulaire occupe le milieu de la région, au-dessus du ruban de Reil, au-dessous de la substance grise de l'aqueduc de Sylvius, entre les deux pédoncules cérébelleux supérieurs. Dans la calotte on trouve les fibres longitudinales du *ruban de Reil* qui occupe le côté externe et inférieur, et la *bandelette longitudinale postérieure* qui fait suite au faisceau commissural longitudinal, et plus bas au faisceau fondamental du cordon antéro-latéral de la moelle. La calotte est en rapport, en bas, avec le locus niger, en haut avec la lame quadrijumelle, et en dehors avec le faisceau latéral de l'isthme.

(1) Sœmmering (Samuel-Thomas) né à Thorn en 1755, mort à Francfort-sur-le-Mein en 1830.

3° Région des tubercules quadrijumeaux. — Appelée encore *toit* ou *voûte* du cerveau moyen, cette région est formée par la *lame quadrijumelle* surmontée des quatre *tubercules quadrijumeaux*.

Il y a quatre tubercules quadrijumaux disposés parallèlement ; deux en avant, *tubercules antérieurs;* deux en arrière, *tubercules postérieurs*.

Les quatre tubercules quadrijumeaux, de forme hémisphérique, sont recouverts par la pie-mère comme toutes les parties superficielles des centres nerveux ; ils forment la lèvre inférieure de la partie moyenne de la *fente cérébrale de Bichat*.

On appelle *lame quadrijumelle* une lame quadrilatérale, de 4 à 5 millimètres d'épaisseur, sur laquelle sont situés les tubercules quadrijumeaux et leurs bras, le frein de la valvule de Vieussens et l'extrémité antérieure du pédoncule cérébelleux supérieur.

a. *Tubercules quadrijumeaux antérieurs*. — Ils ont un centimètre de large environ; on les appelle encore *nates* (fesses) (1). L'intervalle qui les sépare est en rapport avec la glande pinéale, c'est le *lit de la glande pinéale*. De sa partie externe on voit un prolongement, ou faisceau de fibres anastomotiques, se rendre au corps genouillé externe; on appelle ce faisceau *bras conjonctival antérieur*.

Les tubercules quadrijumeaux sont formés de deux couches superposées. La plus superficielle, *stratum zonale*, est formée par l'étalement des fibres du bras conjonctival antérieur. La seconde couche, *cappa cinerea*, est formée de cellules à cylindraxes antéro-postérieurs, plus petites dans les parties superficielles et mélangées, dans toutes les parties profondes, de fibres antéro-postérieures.

Les tubercules quadrijumeaux antérieurs reçoivent les *fibres afférentes* du bras conjonctival antérieur, et peut-être un faisceau externe du ruban de Reil, continuation du faisceau acoustique. Ils émettent des *fibres efférentes;* les unes, internes s'entre-croisent avec celles venues du tubercule antérieur du côté opposé et se jettent dans ce même tubercule; quelques fibres, constatées chez les animaux, suivent le bras conjonctival, traversent la

(1) Le nom de *tubercules quadrijumeaux* date du commencement du XVIIIe siècle. Winslow, trouvant les mots *testes* et *nates* inconvenants, leur substitua le nom de tubercules quadrijumeaux. On ne sait pourquoi les anatomistes de ce siècle s'étaient plu à donner des noms indécents aux différentes parties qui entourent le troisième ventricule. L'orifice antérieur de l'aqueduc de Sylvius était l'*anus*, l'écartement des piliers antérieurs du trigone la *vulve*, le thalamus le lit, ou *couche* optique, les corps genouillés l'oreiller, ou *pulvinar*, etc., etc.

couche optique et vont se terminer dans la substance grise des circonvolutions occipitales ; d'autres enfin, fibres descendantes, se jettent dans la bandelette longitudinale postérieure qu'elles abandonnent bientôt pour se rendre dans les noyaux des nerfs bulbo-protubérantiels et surtout dans ceux des nerfs moteurs de l'œil.

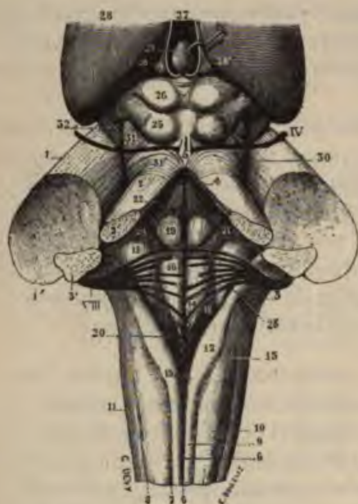


Fig. 493. — Face postérieure du cerveau moyen, de la protubérance et du bulbe (Testut).

1, 1', coupe du pédoncule cérébelleux moyen. — 2, 2', coupe du pédoncule cérébelleux supérieur. — 3, 3', coupe du pédoncule cérébelleux inférieur. — 4, coupe de la valvule de Vieussens. — 5, frein de cette valvule. — 6, sillon médian postérieur. — 7. sillon paramédian. — 8, sillon collatéral postérieur. — 9, faisceau de Goll. — 10, faisceau de Burdach. — 11. faisceau latéral du bulbe. — 12, Clava, renflement mamelonné du bulbe. — 13, pédoncule cérébelleux inférieur. — 14, tige du calamus scriptorius. — 15, verrou (obex). — 16, aile blanche interne. — 17, aile blanche externe. — 18, aile grise. — 19, eminentia teres. — 20, fovea inférior. — 21, fovea superior. — 22, locus cœruleus. — 23, stries acoustiques (barbe du calamus). — 24, baguette d'harmonie de Bergmann (stries médullaires ascendantes). — 25, tubercules quadrijumeaux postérieurs. — 26, tubercules quadrijumeaux antérieurs. — 27, ventricule moyen. — 28, couches optiques. — 29, glande pinéale portée en avant. — 30, sillon latéral de l'isthme. — 31, faisceau triangulaire du ruban de Reil. — 31, le sommet de ce faisceau se dirige vers la valvule de Vieussens. — 32, pédoncules cérébraux. — IV, nerf pathétique. — VIII, branche postérieure du nerf acoustique.

Les tubercules quadrijumeaux antérieurs doivent être rattachés à l'appareil de la *vision*.

b. *Tubercules quadrijumeaux postérieurs*. — Un peu plus petits que les antérieurs, on les appelle encore *testes* (testiculus). Comme les antérieurs, ils émettent en dehors un prolongement qui se rend au corps genouillé interne. C'est le *bras conjonctival postérieur* (1). Ces tubercules ont un *stratum zonale*, comme les tubercules antérieurs, formé également par l'épanouissement des fibres du bras conjonctival postérieur. Au-dessous on trouve une masse de substance grise, *ganglions* des tubercules quad.-post. formés de cellules nerveuses de toutes dimensions.

Leurs *fibres afférentes* viennent du corps genouillé interne et surtout du *faisceau acous-*

(1) J'ai l'habitude de recommander le moyen suivant aux élèves qui confondent assez facilement les deux *bras*. Souvenez-vous des quatre lettres AEPI, vous saurez ainsi que le tubercule antérieur va au corps genouillé externe et que le postérieur va à l'interne.

tique, qui forme le bord externe du ruban de Reil. Quelques-unes de ces dernières vont au tubercule quad-post. du côté opposé. Les *fibres efférentes* vont, les *internes* au tubercule du côté opposé après entre-croisement, les *ascendantes*, mêlées aux fibres du bras conjonctival postérieur, à la substance grise des circonvolutions temporales, les *descendantes* se continuent avec les fibres du ruban de Reil.

Substance grise du pédoncule cérébral. — Elle forme le ganglion interpédonculaire, le noyau rouge de Stilling et la substance grise de l'aqueduc.

1° *Ganglion interpédonculaire*. — On donne ce nom à une petite masse de substance grise située de chaque côté de la ligne médiane entre les deux pédoncules, dans la substance perforée postérieure, ou interpédonculaire ; ils font souvent saillie à la face inférieure de la substance perforée.



Fig. 494. — Coupe des pédoncules cérébraux près de la protubérance annulaire, d'après Mathias. Duval.

G, corps genouillé interne. — 3, noyau d'origine du moteur oculaire commun. — III, racines de ce nerf. — P, pied du pédoncule cérébral. — T, O, tubercules quadrijumeaux antérieurs. — PC, noyau rouge traversé par les racines du moteur oculaire commun. — H, faisceau longitudinal postérieur. — X, substance grise entourant l'aqueduc de Sylvius — S, locus niger.

Noyau rouge de Stilling. — Les deux noyaux rouges sont situés à la partie antérieure de la calotte, au-dessous des tubercules quadrijumeaux antérieurs. Rond et gros comme un petit pois, le noyau rouge est situé à une petite distance du raphé médian, au-dessous du noyau du moteur oculaire commun, au-dessus du bord interne du ruban de Reil. Les racines du moteur oculaire commun le traversent de haut en bas. Ce noyau renferme des cellules multipolaires de dimension moyenne, contenant des granulations pigmentaires de couleur rougeâtre. Il est entouré par des fibres nerveuses qui lui forment une sorte de capsule (fig. 495, 5).

Le noyau rouge reçoit en arrière les fibres des pédoncules cérébelleux supérieurs, après leur entre-croisement. De sa partie antérieure partent des fibres qui se perdent dans la couche optique. On ne connaît pas autre chose.

Substance grise centrale et aqueduc de Sylvius (1).—L'aqueduc de Sylvius est la portion de la cavité épendymaire située entre le ventricule moyen et le quatrième ventricule. Sa longueur est d'un centimètre et demi. Il est plus étroit à sa partie moyenne. Il présente en bas un sillon qui fait suite au calamus scriptorius. Son orifice antérieur est l'*anus*.

La paroi de l'aqueduc est formée par l'épendyme entouré de la *substance grise centrale*. Cette substance grise se continue en avant avec celle qui tapisse les parois du troisième ventricule, et en arrière avec celle qui recouvre le plancher du quatrième ventricule.

Elle se confond, en plusieurs points, avec la substance grise de tubercules quadrijumeaux qui sont au-dessus. En bas, elle est en rapport avec la formation réticulaire, avec la bandelette longitudinale postérieure et la racine supérieure du trijumeau. Les noyaux d'origine du moteur oculaire commun et du pathétique sont situés à la partie antérieure de cette substance.

Le *noyau d'origine du moteur oculaire commun*, découvert par Stilling, est situé à la partie antérieure de la substance grise centrale, au-dessous de son ouverture antérieure, au-dessus des noyaux de Stilling. Ce noyau, un peu allongé d'avant en arrière, est la continuation de la colonne grise motrice du bulbe qui a donné naissance au grand hypoglosse, au moteur oculaire externe et au facial. Il est en contact immédiat en bas avec la bandelette longitudinale.

Le *noyau d'origine du pathétique* continue le noyau du moteur oculaire commun en haut et en dehors, mais il est situé un peu en arrière. Il correspond à la partie antérieure des tubercules quadrijumeaux postérieurs.

Fibres longitudinales du pédoncule cérébral. — Il est intéressant de connaître à fond les faisceaux de fibres qui relient les pédoncules cérébraux au cerveau.

Il y a des fibres descendantes motrices et des fibres ascendantes sensitives.

Fibres descendantes. — Elles forment le faisceau pyramidal et le faisceau géniculé.

En quittant la capsule interne, le *faisceau pyramidal* passe au-dessous de la couche optique (région sous-thalamique), et forme la partie moyenne du pied du pédoncule, ou mieux les trois-cin-

(1) Sylvius (François-Deleboë). Né en 1614 à Hanau, mort en 1672. Professeur à Leyde.

quièmes moyens de ce pied. Puis il atteint la protubérance et se porte directement au bulbe dont il forme la pyramide antérieure.

Le *faisceau géniculé*, situé en avant du faisceau pyramidal, dans le capsule interne, se place en dedans de ce faisceau dans le pied du pédoncule, dont il occupe le cinquième interne, selon Déjerine. Il atteint la protubérance, s'entre-croise avec celui du côté opposé et se perd dans les noyaux moteurs bulbo-protubérantiels.



Fig. 495. — Coupe verticale et transversale des pédoncules cérébraux faite au milieu des tubercules quadrijumeaux antérieurs (d'après Van Gehuchten).

Cette figure est fort intéressante. Elle montre au centre la coupe en forme de cœur, de l'aqueduc de Sylvius. Tout autour de l'aqueduc, on voit la substance grise qui l'entoure. Au-dessus de la substance grise, dans l'épaisseur de la lame quadrijumelle, on voit l'entre-croisement réciproque des fibres venues des tubercules quadrijumeaux antérieurs droites et gauches (décussation de la calotte). — 1, sillon antéro-postérieur séparant les tubercules quadrijumeaux du côté droit de ceux du côté gauche. — 3, indique un faisceau volumineux de fibres sensitives, ruban de Reil. — 4, en bas, racines du moteur oculaire commun partant du noyau et traversant le faisceau longitudinal postérieur, la partie interne du locus niger et du noyau rouge, avant d'émerger en 4, (en bas) à la face interne du pédoncule cérébral. — 4, en haut, noyau du moteur oculaire commun. — 5, coupe du noyau rouge de Stilling. — 6, faisceau longitudinal postérieur (fibres sensitives) accolé au noyau 4. — 7, locus niger de Sœmmering plus épais en dedans. — 8, coupe du pied du pédoncule (renfermant les fibres motrices).

Fibres ascendantes. — Elles forment plusieurs faisceaux qui sont : le ruban de Reil, le faisceau des fibres cortico-protubérantielles, la bandelette longitudinale postérieure et la partie terminale du faisceau commissural longitudinal.

Le faisceau *commissural longitudinal*, continuation du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral de la moelle, formé de petits fascicules longitudinaux et s'épuise dans la formation réticulaire où il disparaît. Il est moteur selon les uns, sensitif selon les autres.

La *bandelette longitudinale postérieure*, dont on ne connaît pas exactement l'origine du côté de la moelle, mais qui vient, soit des cordons postérieurs soit du faisceau fondamental du cordon antéro-latéral, est située entre la substance grise de l'aqueduc de Sylvius et la formation réticulaire. On perd sa trace vers la partie antérieure du pédoncule cérébral. Selon Meynert, les fibres de ce faisceau se portent dans les circonvolutions. Selon Flechsig,



Fig. 496. — Coupe de la partie supérieure des pédoncules cérébraux à leur union à la protubérance, dans l'épaisseur des tubercules quadrijumeaux postérieurs (Van Gehuchten).

1, fibres transversales les plus élevées de la protubérance. — 2, bandelette longitudinale postérieure. — 3, noyau et origine du nerf pathétique. — 4, racines du nerf pathétique. — 5, racines ascendantes du trijumeau. — 6, en haut, tubercule quadrijumeau postérieur. — 6, en bas, fibres sensitives latérales ou faisceau triangulaire du ruban de Reil. On voit en bas, la partie médiane des deux rubans de Reil.

elles se terminent à la substance grise de la partie antérieure de l'aqueduc de Sylvius, où Edinger a signalé un noyau de substance grise, *noyau de la bandelette longitudinale postérieure,* au niveau de l'anus.

Le *ruban de Reil* va former en grande partie les fibres sensitives qui unissent les pédoncules cérébraux au cerveau : 1° Nous avons vu (voir *Ruban de Reil*) que ce ruban se divise en avant en trois *portions :* 1° la *portion interne*, *ruban médial*, descend de la calotte et se place au côté interne du pied en entremêlant ses

fibres avec celles du faisceau géniculé et du faisceau pyramidal. (Bechterew et Hösel pensent que ce sont des fibres descendantes appartenant au faisceau géniculé); 2° la *portion externe* du ruban de Reil forme le *faisceau acoustique* qui fait partie du *faisceau latéral* de l'isthme. De la partie antérieure de ce faisceau les fibres se portent en avant et en haut et arrivent au cerveau, en suivant le bras postérieur des tubercules quadrijumeaux. Elles passent dans la région sous-optique, dans le segment postérieur de la capsule interne et se terminent dans les deux premières circonvolutions temporales ; 3° le faisceau moyen, le plus volumineux, forme deux faisceaux de fibres ; l'un *supérieur*, plus gros, parcourt la calotte, donne une grande partie de ses fibres à la couche optique et va se terminer dans les centres sensitivo-moteurs fronto-pariétaux , l'autre faisceau, *inférieur*, se porte dans le pied, se place en dehors du faisceau pyramidal, au-dessus du faisceau cortico-protubérantiel et partage la terminaison du faisceau sensitif.

Le *faisceau des fibres cortico-protubérantielles* est un faisceau sensitif. Elles naissent dans les cellules du noyau du pont de Varole et se portent vers la partie externe du pédoncule cérébral, en dehors du faisceau pyramidal. Elles se portent vers la partie postérieure de la capsule interne et s'infléchissent en arrière pour se répandre dans les circonvolutions. Indépendamment de ce faisceau de fibres cortico-protubérantielles *postérieures*, ou *faisceau de Meynert*, il existe d'autres fibres cortico-protubérantielles, *antérieures*, éparses, qui se mêlent aux fibres des faisceaux pyramidal et géniculé et qui se rendent aux circonvolutions dans la zone motrice de Charcot (voy. la note à la page qui contient la structure de la protubérance).

— En résumé, le cerveau est uni aux pédoncules cérébraux par des fibres motrices et des fibres sensitives. Les fibres motrices constituent le faisceau pyramidal et le faisceau géniculé qui occupe la partie antérieure du segment postérieur de la capsule interne. Les fibres sensitives constituent le faisceau sensitif situé à la partie postérieure du même segment. Ce faisceau sensitif se compose des fibres du ruban de Reil et des fibres cortico-protubérantielles. Le ruban de Reil donne, par son *faisceau interne*, le ruban du pied et le ruban cortical. Celui-ci fournit des fibres à la couche optique, puis il se termine dans les circonvolutions. Par son *faisceau moyen*, il donne un petit faisceau qui se place à la partie interne du pied ; par son *faisceau externe* il fournit le faisceau acoustique. Les fibres cortico-protubérantielles forment un faisceau postérieur (faisceau de Meynert) et des fibres cortico-pro-

tubérantielles éparses entre les fibres du faisceau géniculé et du faisceau pyramidal.

Il est inexact de dire, comme certains auteurs, que le pédoncule cérébelleux supérieur doit faire partie des fibres qui unissent le pédoncule cérébral au cerveau, puisque ce pédoncule s'arrête au noyau de Stilling. Il n'est pas plus exact, de citer aussi, parmi ces fibres, la bandelette longitudinale et le faisceau commissural longitudinal, puisqu'on ne peut pas suivre ces faisceaux jusqu'au cerveau.

Tableau des fibres unissant le cerveau au reste de l'encéphale.

FIBRES MOTRICES OU DESCENDANTES	Faisceau pyramidal	portion externe, faisceau acoustique.		
	Faisceau géniculé .	portion int., fibres mêlées au géniculé.		
FIBRES SENSITIVES OU ASCENDANTES	Ruban de Reil. . .	portion moyenne.	ruban du pied	
			ruban cortical	fibres thalamiques.
				fibres corticales.
	Fibres cortico-protubérantielles . .	antérieures. . .	éparses au milieu des fibres du géniculé et du pyramidal.	
		postérieures . .	ou faisceau de Meynert.	

Fibres arciformes du pédoncule cérébral. — On a signalé des fibres qui croisent la direction du pédoncule cérébral. Elles ne sont pas constantes. Je parlerai du *tænia pontis*, du *tractus pédonculaire transverse* et du *faisceau en écharpe*.

Tænia pontis. — Ce faisceau appelé par Henle *bandelette de la protubérance* manque rarement ; il a été signalé par Henle ; c'est un petit ruban transversal qui embrasse la face inférieure du pédoncule. Il prend naissance dans le sillon latéral de l'isthme, où il reçoit quelques fibres du pédoncule cérébelleux supérieur et même du pédoncule cérébral ; il croise le pédoncule près de la protubérance et il se termine à la face interne du pédoncule dans lequel il pénètre, près des racines du nerf moteur oculaire commun.

Tractus pédonculaire transverse. — Signalé par Inzani et Lemoigne, 1861, décrit par Gudden en 1870, ce faisceau prend naissance sur les deux tubercules quadrijumeaux, surtout sur l'antérieur. Il entoure le côté externe du pédoncule cérébral et arrive à sa face inférieure. Ses fibres pénètrent entre les faisceaux antéro-postérieurs du pied du pédoncule et se dirigent du côté des racines du moteur oculaire commun. On le constate rarement chez l'homme, et on ne connaît ni son origine ni sa terminaison.

Faisceau en écharpe. — Féré a donné ce nom à un faisceau oblique existant le plus souvent d'un seul côté, formé par les fibres les plus internes du pied du pédoncule qui se portent au côté externe en croisant obliquement sa face inférieure. Elles suivent ensuite le trajet des fibres pédonculaires.

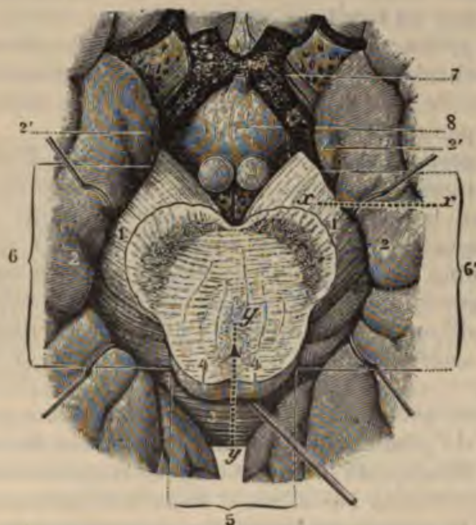


Fig. 497. — Partie centrale de la base du cerveau séparée du reste de l'encéphale par une coupe antéro-postérieure des pédoncules cérébraux (d'après Testut).

1, face inférieure du pédoncule cérébral. — 2, circonvolution de l'hippocampe. — 2' 2', lobe sphénoïdal du cerveau. — 3, bourrelet du corps calleux. — 4, tubercules quadrijumeaux. — 5, partie moyenne de la fente cérébrale de Bichat. — 6, parties latérales de la fente de Bichat. — 7, chiasma des nerfs optiques. — 8, tuber cinereum. — *y*, *y*, ligne passant par la coupe de l'aqueduc de Sylvius. Le stylet, introduit en arrière, passe par le milieu de la fente cérébrale de Bichat ; sa pointe plonge dans le troisième ventricule en passant entre les tubercules quadrijumeaux antérieurs et la glande pinéale. — *x*, *x*, ligne indiquant la partie du pédoncule cérébral cachée par la circonvolution de l'hippocampe.

Vaisseaux des pédoncules cérébraux. — De nombreuses artères se rendent aux pédoncules cérébraux. On distingue les artères pédonculaires internes, les pédonculaires externes et les quadrijumelles.

Les *artères pédonculaires internes,* nées de la terminaison du tronc basilaire ou de l'origine de la cérébrale postérieure, et quelquefois même de la communicante postérieure, passent par les trous de la substance perforée postérieure ; quelques-unes pénètrent à la face interne du pédoncule avec les racines du moteur oculaire commun.

Ces dernières suivent les racines jusqu'à leur noyau d'origine qui a une circulation indépendante de celle des parties voisines (d'Astros, 1892, Shimamura, 1894).

Celles de la subtance perforée se portent dans l'épaisseur des pédoncules cérébraux et se distribuent aux faisceaux nerveux et au noyau rouge. Toutes ces artères sont des artères terminales arrosant chacune un territoire indépendant.

Les *artères pédonculaires externes* naissent des artères les plus voisines : cérébrale postérieure, cérébelleuse supérieure, choroïdienne antérieure. Ces artères, petites, pénètrent dans le pédoncule cérébral par ses faces externe et supérieure.

Les *artères quadrijumelles* sont au nombre de trois de chaque côté.

La quadrijumelle antérieure, fournie par la cérébrale postérieure, alimente le tubercule quadrijumeau antérieur.

La quadrijumelle postérieure, venue de la cérébelleuse supérieure, se ramifie dans le tubercule quadrijumeau postérieur.

La quadrijumelle moyenne, née de la cérébrale postérieure, se porte dans le sillon qui sépare le tubercule antérieur du postérieur.

Toutes ces artères s'anastomosent dans l'épaisseur de la lame quadrijumelle et se rendent aux parties voisines. Elles communiquent également avec les artérioles qui naissent de la pie-mère.

Les *veines* du pédoncule cérébral, dépourvues de valvules, se portent dans diverses directions. Celles de la partie inférieure se jettent dans les veines basilaires et dans la veine communicante postérieure. Les veines quadrijumelles s'abouchent dans la veine de Galien.

Les *lymphatiques* ne sont pas connus.

Fonctions et lésions des pédoncules cérébraux. — Nous ne sommes pas bien fixés sur les fonctions des pédoncules cérébraux. Les tubercules quadrijumeaux antérieurs sont en rapport avec la vision, les postérieurs avec l'audition. Ils doivent avoir d'autres fonctions puisqu'ils sont très développés chez les animaux privés de la vue, comme la taupe asiatique. Un animal privé des hémisphères cérébraux, mais ayant les tubercules quadrijumeaux intacts, suit une lumière des yeux et de la tête, mais cette sensation ne provoque aucun mouvement. L'animal *voit*, mais il ne *regarde* pas, car pour regarder il faut que l'intelligence intervienne.

Les lésions expérimentales profondes du pédoncule cérébral produisent un mouvement de rotation, mouvement de manège, du côté lésé (Prévost).

Les *lésions pathologiques* peuvent affecter cette portion des centres nerveux, comme les autres. Elles produisent une hémi-

plégie complète, ou incomplète, du côté opposé. Quand un malade présente le *syndrome de Weber*, c'est-à-dire quand il est paralysé partiellement ou totalement, du moteur oculaire commun d'un côté et des autres nerfs craniens et du corps du côté opposé, on peut diagnostiquer avec une précision mathématique, une paralysie alterne produite par une *lésion de la partie inférieure et interne du pédoncule cérébral.*

§ 7. — CERVEAU

Le cerveau résulte de l'évolution de la vésicule cérébrale antérieure. Cette vésicule présente un épaississement de ses parois et un rétrécissement de sa cavité (troisième ventricule). Elle forme le *cerveau intermédiaire* ou *diencéphale*. Sur la partie antérieure de cette vésicule on voit naître la vésicule des hémisphères qui se boursouflera et se portera en arrière pour couvrir le cerveau intermédiaire, le cerveau moyen et le cerveau postérieur. Cette portion dilatée de la vésicule prend le nom de *cerveau terminal* ou *télencéphale.*

— Le cerveau, comme les autres parties des centres nerveux, est formé de substance blanche et de substance grise. La plus grande partie de cette dernière, formant l'écorce du cerveau, est le siège des cellules *psychiques*. Elle contient aussi des cellules *sensitives* auxquelles aboutissent les neurones sensitifs centraux, et des cellules *motrices*, d'où partent les ordres des mouvements, conduits par les neurones moteurs.

Dissection. — *Division de la dure-mère.* — La voûte du crâne étant enlevée, on saisit avec une pince un pli de la dure-mère dans le voisinage du sinus longitudinal supérieur. On fait un trou à ce pli, et l'on glisse sous la dure-mère le tranchant d'un scalpel ou la branche mousse des ciseaux, pour inciser cette membrane d'avant en arrière, le long du sinus longitudinal supérieur, en avant et en arrière. On fait la même incision du côté opposé. On renverse la dure-mère vers les parties latérales. Ensuite, on coupe avec les ciseaux la partie antérieure de la faux du cerveau, un peu au-dessus de l'apophyse crista-galli, en pénétrant dans la scissure inter-hémisphérique. On renverse d'avant en arrière la faux du cerveau, en détruisant par arrachement les veines qui se jettent de la pie-mère dans le sinus longitudinal supérieur.

Examen du cerveau. — Si l'on fait une autopsie, il est préférable de laisser l'encéphale dans le crâne. Après avoir enlevé la dure-mère, on saisit un couteau à lame longue et mince, et l'on coupe la substance cérébrale par tranches minces, en commençant par la partie la plus convexe du cerveau. On peut ainsi examiner la consistance, la couleur et la vascularisation de la pulpe cérébrale. On arrive ainsi au *corps calleux*, que l'on incise avec soin pour ouvrir les *ventricules latéraux*. Ensuite, on soulève le *trigone* avec la *cloison transparente ;* on renverse en arrière la *toile choroïdienne*, et le *ventricule moyen* se montre. Alors, on peut inciser les pédoncules cérébraux.

Si l'on ouvre le crâne dans un but de dissection, on commence d'abord par examiner rapidement les parties contenues dans la cavité cranienne. En écartant modérément les hémisphères, on aperçoit au fond de la scissure interhémisphérique le *corps calleux* avec les artères cérébrales antérieures. En soulevant les lobes postérieurs du cerveau, on aperçoit la *tente du cervelet.*

Extraction de l'encéphale. — Après avoir examiné les parties dont nous venons de parler, on se prépare à retirer l'encéphale de la cavité cranienne. On passe les doigts de la main gauche entre les bosses orbitaires et les lobes antérieurs du cerveau, qu'on soulève avec précaution. La main droite est armée d'un scalpel, et l'œil suit exactement l'écartement que l'on produit entre la partie antérieure et la base du crâne. On coupe avec le scalpel les *nerfs optiques* tout près du trou optique ; immédiatement en arrière de ces nerfs, l'*artère carotide interne*. Ici, il faut redoubler de précaution, parce que les nerfs s'arrachent facilement de la base du cerveau ; il est bon de les conserver, pour étudier l'origine des nerfs craniens. On coupe aussi près que possible de la dure-mère, et d'avant en arrière, le *moteur oculaire commun*, le *pathétique*, le *moteur oculaire externe* et le *trijumeau*.

Il devient difficile d'aller plus profondément. C'est alors qu'il faut séparer la tente du cervelet. Pour cela, on soulève l'un des hémisphères cérébraux, et l'on incise la tente du cervelet le long du bord supérieur du rocher, du sommet à la base de cette partie osseuse. On fait la même opération du côté opposé ; on donne un coup de ciseaux sur la veine de Galien, ou bien on coupe transversalement cette portion de dure-mère, afin de l'emporter avec l'encéphale. On soulève ce qui reste de l'encéphale comme au commencement de l'opération : on incise le *facial* et l'*auditif* à leur entrée dans le conduit auditif interne, le *glosso-pharyngien*, le *pneumogastrique* et le *spinal* à leur entrée dans le trou déchiré postérieur ; enfin, on divise le *grand hypoglosse* à la partie antérieure du trou occipital.

Cela fait, on enfonce un couteau dans le canal rachidien, le plus profondément possible, entre le bulbe et les corps des vertèbres, et l'on incise très profondément la *moelle*, de même que les *artères vertébrales*. On enlève alors l'encéphale, et on le place sur une table pour l'étudier.

Manière d'étudier le cerveau. — On peut affirmer qu'il est impossible d'étudier le cerveau de l'homme sans avoir la pièce anatomique sous les yeux. Le cerveau est si compliqué, et doit être connu d'une manière si précise, que les figures et les pièces anatomiques artificielles ne peuvent pas donner une notion exacte de cette partie des centres nerveux.

Tous les auteurs n'emploient pas la même méthode de description et je suis forcé d'avouer que leurs descriptions, fort savantes, sont faites pour les personnes qui savent et non pour celles qui apprennent. Mon but est d'enseigner, de faire comprendre le cerveau à ceux qui ne le connaissent pas.

L'étude du cerveau est compliquée. En France, jusqu'à ce jour, on a employé une méthode de description différente de celle des auteurs allemands et anglais. Voulant que ma description puisse être lue et comprise par les uns et par les autres, je dois confondre, pour ainsi dire, les deux modes de description.

Un conseil tout d'abord. Prenez un encéphale humain frais, ou mieux un cerveau que vous aurez maintenu pendant une semaine dans l'alcool pur. L'alcool lui donne de la consistance et de l'élasticité. Pour étudier le cerveau, vous le séparerez du reste de l'encéphale en coupant les pédoncules cérébraux au bord antérieur de la protubérance annulaire. Cette coupe tombant sur les tubercules quadrijumeaux séparera le cerveau postérieur et l'arrière-cerveau du cerveau antérieur, du cerveau intermédiaire et du cerveau moyen.

Voici l'ordre que je suivrai dans l'étude du cerveau.

A. Après quelques *considérations générales*, j'étudierai d'abord sa *conformation extérieure* : 1° sans toucher aux hémisphères, *sans les écarter ; 2° en écartant les hémisphères* pour voir des parties profondes. Cette étude est faite sans instrument tranchant.

B. Je passerai ensuite à l'étude de sa *conformation intérieure* à laquelle il sera procédé au moyen du couteau et des doigts.

C. Je décrirai ensuite sa *structure* et sa *circulation*.

D. Je donnerai un aperçu de son *développement*.

E. Je parlerai enfin de ses *fonctions* et de ses *lésions*.

A. — Considérations générales

Le cerveau a la *forme* d'un ovoïde à petite extrémité dirigée en avant.

Son *poids* varie chez l'homme et chez la femme ; il diminue dans la vieillesse. Homme 1 157 grammes : femme 995 en moyenne. — Hommes de vingt-cinq à trente ans, 1 165 grammes. Femmes du même âge, 1 011 grammes. — Hommes de soixante-dix à quatre-vingt-dix ans, 999 grammes. Femmes du même âge 899 grammes. Ces chiffres sont le résultat de l'examen du cerveau de 242 hommes et de 116 femmes, par Broca.

Les *dimensions* du cerveau sont les suivantes : diamètre antéro-postérieur, homme, 17 centimètres, femme, 16 centimètres ; diamètre transverse, homme, 14 centimètres, femme, 13 centimètres et demi, comme le diamètre transverse du détroit supérieur de son bassin ; diamètre vertical, homme 13 centimètres, femme, 12 et demi, un peu moins que le diamètre oblique du détroit supérieur de son bassin qui est de 12 centimètres.

La *densité* de la substance du cerveau varie chez l'homme, pour les deux substances, grise et blanche. Substance blanche, 1 043, la densité de l'eau étant 1 000 ; substance grise, 1 038 (1).

Les *rapports* sont les suivants : il est entouré par une membrane mince, formée de tissu conjonctif et de nombreux vaisseaux, la *pie-mère ;* la dure-mère revêt l'intérieur du crâne et envoie des cloisons, *faux* du cerveau, tente du cervelet, etc., entre les hémisphères cérébraux et au-dessous d'eux. Entre ces

(1) Il ne faut pas juger de l'intelligence d'un homme par le volume du poids de son cerveau. Il y a longtemps que Galien a dit que, au point de vue fonctionnel, il fallait tenir compte surtout de la *qualité* et non de la *quantité*. Il faut prendre en considération l'étendue de la surface du cerveau, la profondeur des anfractuosités, de sorte qu'un petit cerveau peut avoir une plus grande surface qu'un grand cerveau. Ainsi, le cerveau de Gambetta, qui ne pesait que 1 160 grammes avait des circonvolutions très développées. Le cerveau de Cuvier pesait 1 830 grammes et celui de Broca 1 484 grammes. Tout cerveau pesant moins de 1 000 grammes est un cerveau d'idiot (Mathias Duval).

deux membranes se trouve la séreuse arachnoïdienne. Le liquide céphalo-rachidien, qui forme un bain aux centres nerveux, est situé entre l'arachnoïde et la pie-mère dont elle remplit les mailles.

Des *mouvements* existent dans le cerveau. A chaque contraction du ventricule gauche, l'onde sanguine dilate les artères de la base du cerveau comme celles des autres parties du corps ; de sorte qu'à chaque diastole artérielle produite par la systole des ventricules, le cerveau est soulevé.

Indépendamment de ce mouvement, *isochrone aux pulsations artérielles*, il existe un autre mouvement, *isochrone aux mouvements de la respiration*. A chaque inspiration, le sang veineux est attiré vers le cœur, et les veines ont une certaine tendance à se vider du sang qu'elles contiennent ; à chaque expiration le cours du sang veineux se ralentit et ce liquide distend les veines. Ce mouvement communique au cerveau un état alternatif de déplétion et de réplétion, beaucoup plus sensible dans le liquide céphalo-rachidien. Les mouvements du cerveau seront étudiés avec ce liquide.

B. — Conformation extérieure du cerveau

Le cerveau est un organe impair, formé de deux moitiés symétriques, les *hémisphères cérébraux*.

Les deux hémisphères cérébraux doivent être considérés comme deux énormes masses de substance nerveuses situées à l'extrémité des deux pédoncules cérébraux. Les fibres de chaque pédoncule cérébral, surmontées par le *thalamus* ou *couche optique* à leur entrée dans le cerveau, traversent le *corps strié*, et se rendent, en divergeant, et en formant la *couronne rayonnante* de Reil, dans les cellules de l'écorce cérébrale.

Les deux hémisphères ne sont pas indépendants ; des commissures transversales de fibres blanches les réunissent : *corps calleux*, *commissures blanches* antérieure et postérieure, et fibres transversales de la *lyre*. Le *chiasma* forme une commissure éloignée qui appartient aux nerfs optiques plutôt qu'au cerveau.

Du côté de la base du cerveau, et sur la ligne médiane, les deux hémisphères sont unis par une lamelle de substance grise qui s'étend de l'espace interpédonculaire au bec du corps calleux. Elle forme, dans toute cette étendue, la paroi inférieure du troisième ventricule (commissure grise de la base).

Il en résulte que si on divise d'arrière en avant cette lamelle de substance grise, sur un cerveau reposant sur sa face convexe, en passant par le milieu du chiasma, et entre les deux tubercules mamillaires, on ouvre le troisième ventricule et on peut écarter

légèrement les deux hémisphères. Si on continue la section sur toute l'étendue du corps calleux, sur les commissures blanches et sur la lyre, les deux hémisphères se séparent complètement.

Quand le cerveau est extrait de la cavité cranienne, il n'est pas nu, mais il est recouvert par la pie-mère et le feuillet viscéral de l'arachnoïde. On y voit des veines superficielles nombreuses qui se dirigent en grande partie vers la scissure inter-hémisphérique; ces veines sont recouvertes par le feuillet viscéral arachnoïdien, tout à fait transparent et maintenant les circonvolutions pressées les unes contre les autres.

Pour étudier le cerveau, je conseille de le dépouiller de ses membranes, ce qui se fait avec une pince et des ciseaux. Avant de toucher aux membranes, on voit qu'elles recouvrent séparément la partie supérieure des deux hémisphères, à cause de la présence de la faux du cerveau qui les sépare. Du côté de la base, l'arachnoïde forme une sorte de voile transparent au-dessus de toutes les parties de la base, qu'elle cache.

Le cerveau de l'homme sain se laisse dépouiller aisément des membranes qui l'entourent. On voit que la pie-mère descend jusqu'au fond des plus profondes anfractuosités, que les veines sont superficielles, à la surface des circonvolutions, et les artères profondes, au fond des sillons. L'arrachement des membranes doit être fait avec précaution, afin de ne point arracher la substance nerveuse.

— Je décrirai la conformation extérieure du cerveau, en deux temps, pour ainsi dire : 1° sans écarter les hémisphères; 2° en écartant les hémisphères.

1° Conformation extérieure du cerveau (sans écarter les hémisphères).

La surface du cerveau est couverte de circonvolutions, excepté sur la ligne médiane de la face inférieure.

Chaque hémisphère représente un prisme triangulaire.

La *face externe*, en rapport avec les parois du crâne, en est séparée par les méninges ou membranes des centres nerveux.

La *face interne*, en rapport avec la faux du cerveau, est interrompue, vers la partie moyenne et inférieure, par le corps calleux.

La *face inférieure* offre une fente à l'union du tiers antérieur avec les deux tiers postérieurs : c'est la *scissure de Sylvius*, qui divise la face inférieure en deux parties : *lobe antérieur* ou frontal; *lobe postérieur*, ou *sphéno-occipital*.

Le *bord supérieur* de l'hémisphère cérébral est en rapport avec le sinus longitudinal supérieur, logé dans le bord supérieur de la

faux du cerveau. C'est à ce niveau que les veines cérébrales externes se jettent dans ce sinus et qu'on aperçoit la plus grande partie des *corpuscules de Pacchioni* (voy. *Méninges*). Le *bord externe* forme les bords de la base du cerveau. Le *bord interne* est confondu avec celui du côté opposé.

On donne aux grandes saillies de l'hémisphère le nom de *cornes* ou *pôles* : *corne frontale* (en rapport avec l'étage antérieur de la base du crâne), *corne sphénoïdale* (en rapport avec les parties latérales de l'étage moyen), et *corne occipitale*, avec les fosses occipitales supérieures.

Face supérieure du cerveau.

Si nous plaçons le cerveau, dépouillé de ses membranes, sur sa face inférieure, nous voyons sa face supérieure convexe. Elle présente la scissure inter-hémisphérique sur la ligne médiane, et la face externe des hémisphères sur les côtés.

La *scissure inter-hémisphérique* loge la faux du cerveau, qui sépare les hémisphères. Elle est plus profonde en arrière, parce que la faux du cerveau est plus large en arrière. *Au milieu*, la scissure se termine à la face supérieure du corps calleux ; en *avant* elle se continue jusqu'à la base du cerveau, et elle loge le sommet de la faux du cerveau et l'*apophyse crista-galli*, qui lui donne insertion. En arrière, la scissure inter-hémisphérique se termine à la base de la faux du cerveau, à son point d'insertion sur la tente du cervelet. Il en résulte qu'en regardant le cerveau par sa face inférieure, on voit les deux extrémités de la scissure inter-hémisphérique.

La *face externe des hémisphères* est formée par un grand nombre de circonvolutions (voy. *Circonvolutions*).

Face inférieure du cerveau ou base.

Elle est en rapport avec la base du crâne qui est moulée sur l'encéphale et sur les nerfs qui en partent. Après quelques lignes sur les *parties latérales*, je décrirai minutieusement la *partie médiane*.

a. *Parties latérales de la face inférieure.*

Les *parties latérales* de la base du cerveau, ou de la face inférieure des hémisphères, présentent, comme la face externe et la face interne, des circonvolutions et des sillons qui seront décrites bientôt avec les circonvolutions.

J'indiquerai cependant qu'on trouve dans cette région la plus grande des scissures et la plus précoce dans son développement, la *scissure de Sylvius*, qui sépare la partie frontale qui est en avant

de la portion sphéno-occipitale qui est en arrière (voy. *Circonvolutions*).

b. *Partie médiane de la face inférieure.*

Sur la *ligne médiane* on rencontre une lame de substance grise ininterrompue, depuis l'intervalle qui sépare les deux pédoncules



Fig. 498. — Face supérieure du cerveau dépouillé de ses membranes.
1, 1, scissure inter-hémisphérique. — 2, 3, extrémité externe de la scissure de Sylvius. 4, 4, circonvolutions et anfractuosités.

cérébraux jusqu'au bec du corps calleux. C'est la *commissure grise de la base de Henle,* qui prend successivement les noms de *substance perforée postérieure*, *tubercule cendré*, *lame sus-optique* ou *lame terminale.* Cette lame de substance grise, n'a pas plus d'un millimètre d'épaisseur ; elle passe en arrière du *chiasma* des nerfs optiques qui la divise en deux parties, une partie antérieure, triangulaire, la *lame sus-optique*, et une partie postérieure, le *losange opto-pédonculaire.* Le *chiasma*, et les *tubercules mamil-*

laires du milieu du losange, sont les seules parties blanches qu'on rencontre sur la ligne médiane de la base du cerveau.

Je décrirai ces diverses parties d'avant en arrière : 1° la partie antérieure de la scissure inter-hémisphérique ; 2° le pont séreux

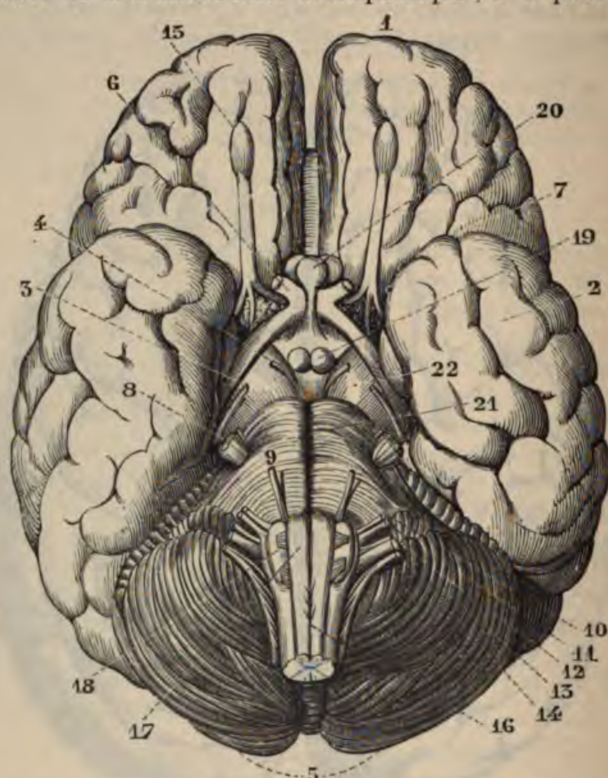


Fig. 499. — Face inférieure de l'encéphale dépouillé de ses membranes. Origine apparente des nerfs craniens.

1, lobe antérieur. — 2, lobe postérieur. — 3, nerf pathétique. — 4, oculaire commun. — 5, scissure inter-hémisphérique du cervelet et vermis. — 6, optique. — 7, scissure de Sylvius. — 8, trijumeau. — 9, moteur oculaire externe. — 10, facial. — 11, auditif. — 12, glosso-pharyngien. — 13, pneumogastrique. — 14, spinal. — 15, olfactif. — 16, sillon médian antérieur du bulbe. — 17, pyramide antérieure. — 18, grand hypoglosse. — 19, tubercules ou corps mamillaires en arrière du tubercule cendré (tuber cinereum). — 20, corps pituitaire et tige pituitaire, ou infundibulum. — 21, protubérance ou pont de Varole. — 22, pédoncule cérébral.

arachnoïdien ; 3° le chiasma ; 4° la lame terminale ; 5° le losange opto-pédonculaire ; 6° la coupe des pédoncules cérébraux ; 7° le bourrelet du corps calleux ; 8° la partie moyenne de la fente cérébrale de Bichat ; 9° enfin, la partie postérieure de la scissure inter-hémisphérique.

1° Scissure inter-hémisphérique. — La scissure inter-hémisphérique sépare la partie antérieure des deux lobes frontaux dans une étendue de 2 centimètres et demi environ.

2° Pont séreux. — En arrière de la partie antérieure de la scissure, l'arachnoïde forme un pont séreux réunissant la partie postérieure des lobes frontaux (1). En divisant ce pont séreux et en écartant les deux hémisphères, on aperçoit au fond le *genou* et le *bec* du corps calleux, sur lesquels je reviendrai.

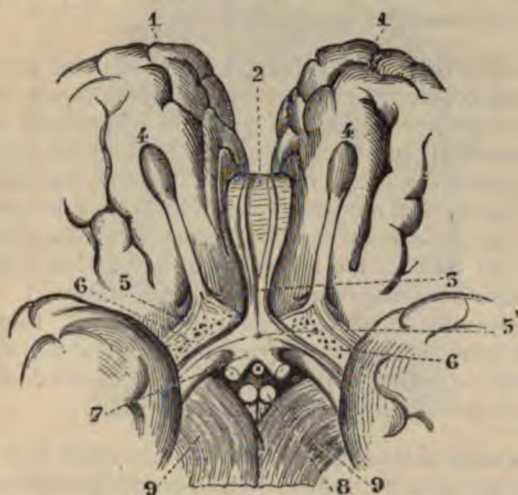


Fig. 500. — Portion antérieure de la base du cerveau. Le chiasma a été renversé en arrière pour montrer la lame terminale 5'.

1, lobe antérieur de l'hémisphère. — 2, genou du corps calleux. — 3, bec du corps calleux et pédoncules du corps calleux ou bandelettes diagonales de Broca. — 4, 4, nerf olfactif. — 5, racine blanche externe du nerf olfactif. — 5', Lame terminale ou lame sus-optique. — 6, 6, substance perforée antérieure traversée par la bandelette diagonale de Broca. — 7, chiasma des nerfs optiques renversé d'avant en arrière. — 8, tubercules ou corps mamillaires. — 9, 9, pédoncules cérébraux.

3° Chiasma. — En arrière du pont séreux arachnoïdien, on voit le chiasma des nerfs optiques.

Le chiasma est une sorte d'X formé par l'entre-croisement incomplet des nerfs optiques. Du chiasma partent en arrière deux bandelettes blanches, se dirigeant dans l'intérieur du cerveau, et pénérant par les parties latérales de la fente de Bichat : ce sont les

(1) Ne pas oublier que la pie-mère suit tous les détours de la surface de l'encéphale qu'elle n'abandonne jamais, tandis que l'arachnoïde parcourt le moins de chemin possible et forme des ponts sur les cavités et dépressions de l'encéphale.

bandelettes optiques. Les nerfs optiques partent des angles antérieurs du chiasma.

Le chiasma, fait saillie, par son bord postérieur, dans le troisième ventricule, et sépare deux prolongements de la cavité ventriculaire, le *recessus optique*, qui se trouve en avant du chiasma et le *recessus de l'infundibulum*, qui est en arrière. En avant du recessus optique et du chiasma, se trouve la *lame terminale*, étendue du recessus au bec du corps calleux. La commissure grise de la base du cerveau sépare le bord postérieur du chiasma de la cavité du troisième ventricule.

4° **Lame terminale**. — La lame terminale, lame sus-optique, improprement appelée *racine grise des nerfs optiques*, est située en avant et au-dessus du chiasma qu'il faut légèrement renverser en arrière pour l'apercevoir. Elle paraît faire suite, en haut, au bec du corps calleux. Elle a la forme d'un triangle, confondu par sa base avec le chiasma, et par ses bords latéraux avec les pédoncules du corps calleux. La lame terminale, très mince, présente un point transparent au milieu. En arrière et au-dessus de cette membrane se trouve la cavité du troisième ventricule.

La lame terminale forme la partie la plus éloignée, la plus antérieure, de la substance grise qui entoure la cavité de l'épendyme dans la moelle, le bulbe, la protubérance, l'aqueduc de Sylvius et dans la moitié inférieure du troisième ventricule.

5° **Losange central opto-pédonculaire**. — Les côtés de ce losange ne mesurent pas plus de deux centimètres. Ses quatre côtés sont formés : en avant par les *bandelettes optiques*, et en arrière par les *pédoncules cérébraux* (fig. 501).

On trouve dans l'aire du losange, les tubercules mamillaires, le tubercule cendré, la tige du corps pituitaire et le corps pituitaire, l'espace inter-pédonculaire, l'éminence vasculaire, et l'éminence latérale de Retzius, enfin les faisceaux de Meynert et de Gudden.

a. *Tubercules ou corps mamillaires*. — Au centre du losange on aperçoit les *tubercules mamillaires* (*corpus mamillare*), petits renflements arrondis de substance blanche, adossés sur la ligne médiane, et de 4 à 5 millimètres de diamètre.

Le centre des corps mamillaires renferme un peu de substance grise communiquant avec celle du troisième ventricule. Ce noyau de substance grise reçoit par sa partie externe et postérieure l'extrémité inférieure des piliers antérieurs du trigone cérébral. Du côté interne et antérieur de ce noyau part un faisceau qu'on croyait autrefois être le continuateur du pilier du trigone, mais que Forel et Gudden ont démontré être un faisceau indépendant,

auquel ils ont donné le nom de *faisceau de Vicq d'Azyr*. Le faisceau de Vicq d'Azyr se porte dans l'épaisseur de la couche optique et se perd dans le tubercule antérieur du thalamus. Il relie donc le tubercule mamillaire à la couche optique (voy. *Trigone*). L'extrémité des piliers antérieurs du trigone et le point d'origine des faisceaux de Vicq d'Azyr formant l'écorce blanche des tubercules mamillaires.

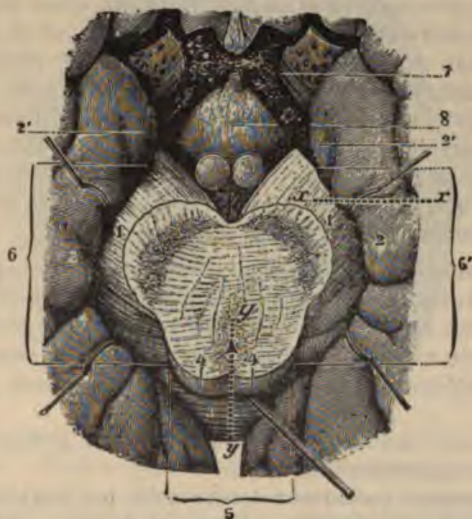


Fig. 501. — Fente cérébrale de Bichat et losange central opto-pédonculaire (Testut).

1, pédoncules cérébraux. — 2, circonvolution de l'hippocampe. 2', crochet de l'hippocampe. 3, bourrelet du corps calleux. — 4, tubercules quadrijumeaux. — 5 et 6 et 6', partie moyenne et partie latérale de la fente de Bichat. — 7, chiasma des nerfs optiques. — 8, tuber cinereum. On voit encore les tubercules mamillaires et l'espace interpédonculaire entre les pédoncules cérébraux.

b. *Tubercule cendré.* — A la partie antérieure du losange, entre les tubercules mamillaires et le chiasma, se trouve un triangle de substance grise, *tuber cinereum*, ou *tubercule cendré*.

c. *Tige du corps pituitaire* (fig. 502 et 504). — Sur un cerveau séparé de la cavité cranienne on aperçoit une petite ouverture au centre du tubercule cendré. C'est la coupe de la tige du corps pituitaire. Celle-ci est un tube étendu du tuber cinereum au corps pituitaire. Elle adhère à son lobe postérieur. Elle est rompue, lorsqu'on extrait le cerveau, parce que le corps pituitaire est fixé dans la selle turcique par un repli de la dure-mère, connu sous le nom de

diaphragme de l'hypophyse. Si l'on enfonce un stylet dans ce trou on pénètre dans le troisième ventricule, ou ventricule moyen, dont la tige pituitaire constitue le sommet. On appelle *infandibulum* le point où la tige du corps pituitaire s'élargit dans le troisième ventricule.

d. *Corps pituitaire ou hypophyse.* — L'hypophyse, ou *corps pituitaire* est un petit organe situé dans la selle turcique sur la nature duquel on n'est pas bien fixé. Il est formé de deux lobes, un antérieur, *glandulaire* et un postérieur, *nerveux*. On pense que le lobe glandulaire est une glande close provenant de l'ectoderme buccal, vers la voûte du pharynx, dont elle se sépare pendant l'évolution embryonnaire. Il paraîtrait que ce lobe exerce une action manifeste sur le développement du corps. Dans *l'acromégalie*, caractérisée par l'énorme développement des extrémités, P. Marie, Vassale et Lacchi ont constaté une hypertrophie considérable du corps pituitaire. On peut comparer cette action à celle du corps thyroïde et du thymus.

e. *Espace inter-pédonculaire ou substance perforée postérieure.* — Entre les tubercules mamillaires et les pédoncules cérébraux, on aperçoit un espace gris percé de trous, analogue à la substance; perforée antérieure : c'est l'*espace inter-pédonculaire*, ou *substance perforée postérieure*. Ces trous laissent passer des vaisseaux.

Le sillon inter-mamillaire se continue sur le milieu de la substance perforée postérieure.

L'espace perforé postérieur forme avec les deux espaces perforés antérieurs un triangle équilatéral de deux centimètres de côté.

Un nerf cranien prend naissance dans l'espace inter-pédonculaire, c'est le moteur oculaire commun, troisième paire. Les seuls autres nerfs qui naissent du cerveau sont l'olfactif (première paire) et l'optique (deuxième paire). Tous les autres naissent dans la protubérance et dans le bulbe rachidien.

(On appelle *fossette inter-pédonculaire* la dépression située entre les pédoncules cérébraux au-dessous de la substance perforée postérieure).

f. *Éminence vasculaire de Retzius.* — En avant des tubercules mamillaires, sur le tubercule cendré, Retzius a signalé une légère saillie du plancher du troisième ventricule. Cette saillie, en forme de trèfle, existe à partir du sixième mois de la vie fœtale. On la nomme *éminence vasculaire*, (*eminentia vascularis*). C'est probablement un organe rudimentaire, l'homologue du *saccus vasculosus* des vertébrés inférieurs.

g. *Eminence latérale de l'hypothalamus* (1). — On trouve encore sur les côtés du tubercule cendré, un petit tubercule saillant signalé par Retzius et nommé *éminence latérale de l'hypothalamus* (*eminentia lateralis*), et près de la bandelette optique, un petit espace criblé de trous vasculaires, *zone perforée latérale* (*area perforata lateralis*).

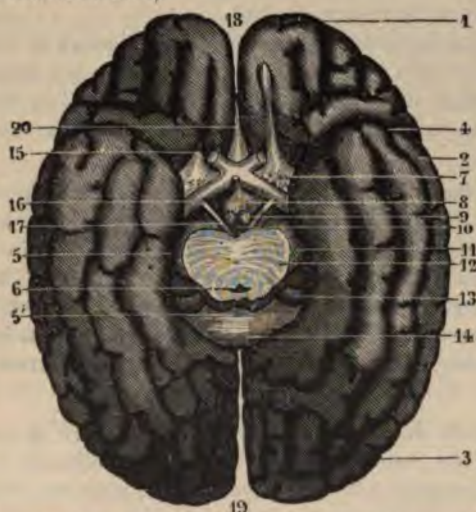


Fig. 502. — Fente cérébrale de Bichat et face inférieure du cerveau.

1, corne frontale du cerveau. — 2, corne sphénoïdale. — 3, corne occipitale. — 4, scissure de Sylvius. — 5, partie latérale gauche de la fente cérébrale, ouverture du ventricule latéral. — 5', partie moyenne de la fente cérébrale pénétrant entre le corps calleux et les tubercules quadrijumeaux. — 6, coupe de l'aqueduc de Sylvius. — 7, espace perforé antérieur. — 8, tube cinereum et tige du corps pituitaire. — 9, tubercules mamillaires. — 10, espace perforé postérieur. — 11, pédoncule cérébral du côté droit. — 12, coupe de la protubérance. — 13, corps genouillés du côté droit. — 14, face inférieure du bourrelet du corps calleux. — 15, coupe du nerf olfactif du côté gauche. — 16, bandelette optique. — 17, nerf moteur oculaire commun. — 18, extrémité antérieure de la scissure inter-hémisphérique. — 19, extrémité postérieure de la scissure inter-hémisphérique. — 20, genou et bec du corps calleux.

h. *Faisceau de Meynert et de Gudden.* — Meynert a décrit un faisceau de fibres transversales à la partie antérieure du tuber-

(1) Le *cerveau intermédiaire*, ou *diencéphale*, résulte de la transformation de la partie postérieure de la vésicule cérébr. ant. primitive, tandis que la partie antérieure de cette vésicule forme le cerveau proprement dit, *cerveau terminal*, ou *télencéphale*. Celui-ci recouvre le premier en se confondant avec lui. Le cerveau intermédiaire comprend la partie inférieure des couches optiques avec les bandelettes optiques et le troisième ventricule qui les sépare. Le *sillon de Monro* (1) sépare la moitié inférieure de la couche optique, appartenant au cerveau intermédiaire, de la partie supérieure appartenant au télencéphale. On appelle *hypothalamus*, ou région *sous-thalamique*, la partie située au-dessous du sillon de Monro.

(1) Monro (Alexandre). Né en 1732, mort en 1817, professeur à Edimbourg.

cule cendré, au-dessus du chiasma et de la bandelette optique. Ces fibres, entre-croisées sur la ligne médiane, sont situées au-dessus de la bandelette optique dont elles suivent le trajet. Elles traversent le pied du pédoncule cérébral et arrivent dans la calotte. Ces fibres se rendent au corps de Luys et au noyau lenticulaire; les unes viennent du corps de Luys du côté opposé, les autres du faisceau moyen du ruban de Reil.

Le *faisceau de Gudden* (1) est un petit faisceau de fibres qui traverse le tubercule cendré; elles se portent, les unes en haut au pilier antérieur du trigone, les autres en dehors, à la face inférieure du noyau lenticulaire après avoir traversé la capsule interne.

6° Coupe des pédoncules cérébraux. — En arrière du losange médian, on trouve la coupe des pédoncules cérébraux. En la regardant de près, on y voit une foule de petits points, indices de la section des fibres. On y remarque en outre, à l'union de son tiers inférieur avec ses deux tiers supérieurs, une tache noirâtre qui décrit une courbe à concavité supérieure : c'est le *locus niger* de Sœmmering. Sur la ligne médiane, on voit un trou, la coupe de l'aqueduc de Sylvius.

7° Bourrelet du corps calleux. — En arrière de la coupe des pédoncules, on voit un cordon blanc transversal, c'est le *bourrelet du corps calleux*, ou *splenium*, et, plus en arrière, la partie postérieure de la scissure inter-hémisphérique (fig. 499 et 502).

8° Fente cérébrale de Bichat. — Entre le bourrelet du corps calleux et les tubercules quadrijumeaux, on aperçoit une ouverture,



Fig. 502 *bis*.

(1) Gudden (Bernard-Aloys de). Né en 1824, mort mystérieusement en 1886. Il était professeur à Munich et directeur de l'asile d'aliénés d'Illeneau lorsqu'il fut chargé de la surveillance et du traitement de Louis II (10 juin 1886). Dès le lendemain le malade proposa à son médecin une promenade dans le parc au bord du lac de Starnberg. On ne les revît plus. Leurs cadavres furent retrouvés dans le lac.

Gubler (Adolphe-Michel), né le 4 avril 1821, à Metz, décédé le 20 avril 1877. Fut professeur de thérapeutique à la Faculté de Paris.

Vers 1850, le professeur Gubler fut chargé d'accompagner un aliéné dans un voyage. Ce dernier lui logea, dans le poumon, une balle qu'il conserva toute sa vie. Moralité. Bien réfléchir avant d'accepter ce rôle.

véritable fente, se prolongeant à droite et à gauche pour former une sorte de fer à cheval, qui embrasse les pédoncules cérébraux : c'est la *fente cérébrale* de Bichat. A travers cette fente, la pie-mère se continue avec la toile choroïdienne et avec les plexus choroïdes des ventricules latéraux.

La *partie moyenne* de la fente cérébrale se voit en écartant la partie postérieure des deux hémisphères. Sa *lèvre supérieure* est formée par le bourrelet du corps calleux ; sa *lèvre inférieure* par les tubercules quadrijumeaux et le corps pinéal. On voit à ce niveau la continuité de la pie-mère et de la toile choroïdienne.

Les *parties latérales* sont situées en dehors et au-dessous du pédoncule cérébral qu'elles contournent. Elles correspondent au bord interne de la *seconde circonvolution limbique* de Broca, ou *circonvolution de l'hippocampe*. A ce niveau, la pie-mère se continue avec les plexus choroïdes des ventricules latéraux. La *lèvre supérieure et interne* de la fente est formée, a ce niveau, par le pédoncule cérébral, la bandelette optique et les corps genouillés ; la *lèvre inférieure* par la circonvolution de l'hippocampe, qui constitue le bord interne du lobe postérieur du cerveau (voy. *Lobe limbique* de Broca).

9° Scissure inter-hémisphérique. — En arrière du bourrelet du corps calleux on voit la partie postérieure de la scissure inter-hémisphérique correspondant à la base de la faux du cerveau et au sinus droit. Elle a une longueur de 6 à 7 centimètres.

2° Conformation extérieure du cerveau (en écartant les hémisphères).

On peut écarter les deux hémisphères par leur bord supérieur, par leur extrémité antérieure et par leur extrémité postérieure.

En écartant les bords supérieurs, ou convexes, des deux hémisphères, on aperçoit la face supérieure du corps calleux, sur laquelle on voit les *tractus longitudinaux*, ou *nerfs de Lancisi* (1).

En écartant les extrémités antérieures des hémisphères cérébraux, ce qu'on ne peut faire qu'après avoir sectionné le pont séreux arachnoïdien étendu entre les deux hémisphères, en avant du chiasma, on voit au fond une surface blanche convexe séparée de l'extrémité antérieure des hémisphères par un intervalle de 3 centimètres et demi environ. Cette surface convexe est la partie antérieure du corps calleux, le *genou*, ainsi nommé à cause de la disposition qu'il affecte sur une coupe médiane du cerveau.

(1) Lancisi (Jean-Marie), médecin à Rome. Né en 1664, mort en 1720. En 1714, il publia les excellentes planches qu'Eustachi avait finies depuis

Au-dessous de ce genou, la substance blanche du corps calleux s'amincit et prend le nom de *bec du corps calleux*.

De ce bec on voit partir deux petits faisceaux blancs parallèles, qui continuent le trajet des nerfs de Lancisi de la face supérieure, et qui s'écartent en se portant obliquement en dehors. Ces faisceaux sont les *pédoncules du corps calleux* ou *bandelettes diagonales* de Broca ; ils traversent de dedans en dehors, et d'avant en arrière, la substance perforée antérieure, pour se terminer à la circonvolution de l'hippocampe, dans la corne sphénoïdale de l'hémisphère.

Au bec du corps calleux fait suite une lame de substance grise qui descend vers le chiasma ; c'est la *lame terminale* ou *lame sus-optique*, improprement appelée souvent *racine grise des nerfs optiques*. La lame terminale est limitée en bas par le chiasma et de chaque côté par les *bandelettes diagonales*.

En écartant les extrémités postérieures des hémisphères, on aperçoit une saillie blanche, étendue, d'un hémisphère à l'autre; c'est le *bourrelet du corps calleux* séparé de l'extrémité postérieure des hémisphères par une longueur de 7 centimètres. Au-dessous du bourrelet, on voit les *tubercules quadrijumeaux antérieurs*. Entre le bourrelet et les tubercules quadrijumeaux, on voit la partie moyenne de la *fente cérébrale de Bichat*, parties déjà décrites.

Pour compléter l'étude de la conformation extérieure du cerveau j'ai à décrire les circonvolutions et anfractuosités qui couvrent les trois faces des hémisphères.

CIRCONVOLUTIONS DU CERVEAU

On appelle *circonvolutions*, *plis* ou *gyrus*, les saillies sinueuses de la surface du cerveau. Elles ne manquent pas d'analogie avec les circonvolutions intestinales. Les intervalles qui les séparent sont les *anfractuosités, scissures, ou sillons*.

Les circonvolutions se groupent en petits départements auxquels on a donné le nom de *lobes*. Ceux-ci sont généralement séparés par des sillons profonds, qu'on nomme *scissures*.

Les anastomoses entre ces circonvolutions s'appellent *plis de passage*.

— Si les *circonvolutions cérébrales de l'homme* semblent se dérober à une description méthodique, cela tient à leur défaut de simplicité. Elles présentent des replis si nombreux et des anastomoses si fréquentes, qu'il faudrait renoncer à les décrire, si l'anatomie comparée et l'anatomie du développement ne nous fournissaient pour ainsi dire, la clef de leur description.

C'est l'anatomiste français Gratiolet qui en fit les premières

études en 1855. Avant lui, Leuret avait fait des études infructueuses sur le cerveau du renard, mais Gratiolet fit observer qu'il fallait s'adresser aux animaux qui se rapprochent le plus de l'homme, et il choisit le singe.

La surface extérieure du *cerveau des singes* ressemble extraordinairement à celle du cerveau humain ; toutes les régions que l'on rencontre sur le cerveau du singe se retrouvent sur celui de l'homme. L'analogie est tellement frappante qu'on est étonné que les anatomistes ne l'aient pas remarquée avant Gratiolet. On peut dire avec ce savant que le *cerveau du singe est un cerveau d'homme simplifié*, ou bien que le *cerveau de l'homme est un cerveau de singe compliqué.*

L'étude des circonvolutions est un peu complexe. Malheureusement, pour ceux qui apprennent, il existe un écueil presque insurmontable, c'est la quantité de *synonymes* existant pour chaque circonvolution et chaque scissure, qui en possèdent au moins huit, quelquefois plus, parce que chacun des auteurs qui les a étudiées a voulu leur donner un nom particulier. J'ai déjà protesté contre cette épidémie de création de noms nouveaux à propos de l'embryologie, je proteste encore bien plus ici (1). Je ne citerai que les synonymes les plus usités et j'emploierai l'expression la plus connue sans vouloir blesser pour cela les créateurs des autres expressions.

Renvoyant au magnifique ouvrage d'*Anatomie des centres nerveux* de Déjerine (2), je citerai de préférence les noms donnés par notre savant compatriote Broca, non seulement par patriotisme, mais aussi pour rendre hommage à la science de cet illustre anatomiste.

Ceci dit, j'étudierai d'abord les *scissures* de la surface du cerveau, puis les groupes de circonvolutions, ou *lobes*, dans la description desquels je ferai entrer quelques circonvolutions qui offrent des caractères particuliers.

(1) Pour n'en donner qu'un exemple, et montrer l'inconvénient de cet abus de synonymes, je prendrai une circonvolution très simple et parfaitement connue sous le nom de *circonvolution du corps calleux. Deuxième circ. frontale interne* (Charcot) ; *grand pli commisural interne* (Pozzi) ; circ. crêtée (Rolando) ; circ. de l'ourlet (Foville) ; *Fornix periphericus* (Arnold) ; *lingula gyrus cynguli* (Burdach) ; *Circ. of corpus callosum* (Turner) ; *Gyrus fornicatus* (Ecker) ; *Callosal gyrus* (Huxley) ; *Première circ. limbique* (Déjerine). Onze synonymes !!

(2) Je ne connais pas un autre ouvrage sur le même sujet qui puisse être comparé. Avec une patience rare, Déjerine a fait photographier des piè naturelles préparées et fort bien annotées par lui. Cet ouvrage est une œ monumentale écrite pour les savants qui savent, mais non pour veulent apprendre.

— Nous trouvons à la surface du cerveau quatre scissures principales séparant les divers groupes ou lobes.

Procédé de Broca pour l'étude des scissures et des lobes. — Placez le cerveau pendant quinze jours dans l'eau additionnée d'un dixième d'acide azotique. Enlevez ensuite les membranes qui le couvrent, et laissez-le se dessécher pendant deux mois et demi. Il a acquis alors la dureté du bois. Peignez-le et vernissez-le. On constate que les scissures et sillons se sont agrandis.

Procédé de L. Frédéric et Mathias Duval. — Ce procédé permet de conserver au cerveau son volume normal. Placez le cerveau dans l'eau acidulée avec l'acide azotique, 10 p. 100. Enlevez les membranes au bout de vingt-cinq jours. Placez-le alors dans une solution aqueuse de bichromate de potasse à 1 p. 200. Au bout de quinze jours, retirez-le et placez-le dans l'alcool à 40° pour le déshydrater. Au bout d'une semaine, on le retire et on le recouvre d'une couche de paraffine, en le plongeant dans la paraffine bouillante jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus des bulles gazeuses.



Fig. 503. — Circonvolutions de l'hémisphère gauche préparé par le procédé de Broca (cerveau d'homme) par mon élève M[lle] Skhortzoff, à l'époque où elle suivait mon cours d'anatomie. — Longueur de l'hémisphère 10 centimètres ; hauteur 6 centimètres 1/2 ; épaisseur 3 centimètres 1/3.

Scissures et lobes situés à la surface des hémisphères cérébraux (1)

Je ne suivrai pas les auteurs qui décrivent séparément les circonvolutions des trois faces de l'hémisphère ; je crois plus simple de décrire d'abord les scissures principales, puis les lobes principaux avec les lobules, circonvolutions et sillons qu'ils présentent.

(1) Les *scissures* séparent les lobes. Les *sillons* séparent les circonvolutions d'un même lobe. Les *incisures* sont de petits sillons dans une circonvolution. Les *lobes* sont séparés par les scissures. La petite circonvolution qui relie deux lobes s'appelle *pli de passage*. Elle s'appelle *anastomose* quand elle relie deux circonvolutions d'un même lobe.

Il existe sur chaque hémisphère *quatre grandes scissures* séparant les divers lobes, ou départements des circonvolutions.

Trois se voient sur la face externe : 1° scissure de Sylvius (fig. 500) ; 2° scissure de Rolando (fig. 506) ; 3° scissure perpendiculaire externe ou pariéto-occipitale (fig. 506).

La quatrième se trouve sur la face interne ; c'est la scissure calloso-marginale (fig. 508 S*cm*).

Il existe *six lobes* à la surface du cerveau. Ce sont :



Fig. 504. — Coupe médiane et verticale de l'encéphale. (On y voit la face interne de l'hémisphère gauche.)

1, circonvolution du corps calleux. — 2, bourrelet du corps calleux. — 4, trou de Mouro. — 4, corps calleux. — 5, septum lucidum. — 6, trigone cérébral. — 7, commissure grise. — 8, commissure blanche postérieure. — 8', glande pinéale. — 9, substance grise du troisième ventricule. — 10, tubercules quadrijumeaux. — 11, quatrième ventricule. — 12, coupe de la protubérance. — 13, coupe du bulbe. — 14, nerf optique. — 15, corps pituitaire. — 16, commissure blanche antérieure. — 17, arbre de vie du lobe médian du cervelet. — 18, cervelet. — 19, extrémité antérieure du lobe postérieur du cerveau.

1° Le *lobe frontal*, en rapport avec l'os frontal, en avant de la scissure de Rolando et de la scissure de Sylvius (fig. 506, A, F^1, F^2, F^3) ;

2° Le *lobe pariétal*, en rapport avec l'os pariétal, entre le bord supérieur de l'hémisphère et la branche postérieure de la scissur de Sylvius (fig. 506, B, P^1, P^2) ;

3° Le *lobe occipital*, en rapport avec l'occipital, compren toutes les circonvolutions situées en arrière de la scissure pe diculaire externe *op* (fig. 506) ;

4° Le *lobe temporal*, en rapport avec l'os temporal, situé entre la branche postérieure de la scissure de Sylvius et le bord externe de l'hémisphère cérébral (fig. 506, T^1, T^2, T^3).

(Ces quatre lobes se trouvent sur la face externe de l'hémisphère).

5° Le *grand lobe limbique de Broca*, qui contourne la face supérieure du corps calleux (fig. 508, C*c*) ;

6° Le *lobe de l'insula*, non apparent à la surface de l'hémisphère, et enfoui dans les profondeurs de la scissure de Sylvius.

A. — *Scissures séparant les lobes, ou interlobaires.*

Je ne décrirai ici que les scissures principales séparant les lobes ;



Fig. 505. — Lobes et scissures de la face externe de l'hémisphère gauche.

les autres, faisant partie des lobes mêmes, seront décrites avec les lobes.

1° Scissure de Sylvius (fig. 506, *ss*). — La scissure de Sylvius, qui sépare, à son origine, le lobe frontal du lobe temporal, est la plus profonde des scissures. Située à la face inférieure de l'hémisphère, elle commence à la *substance perforée antérieure*, décri une courbe à concavité postérieure, et se termine à la face externe de l'hémisphère. Là, elle devient horizontale, légèrement ascendante, et sépare le *lobe pariétal* du *lobe temporal*. Son trajet

sur la face externe de l'hémisphère, est d'environ 8 à 10 centimètres.

Au moment où, d'inférieure elle devient externe, elle donne deux prolongements, de 3 centimètres chacun environ, qui circonscrivent une partie de la 3e circ. frontale appelée *cap*.

La partie inférieure de la scissure de Sylvius a été appelée par Broca *vallée de Sylvius*, mais la *vallée* de Broca n'est pas synonyme de la *scissure* de Sylvius.

Quand on écarte les deux lèvres de la scissure à l'union de la face inférieure et de la face externe de l'hémisphère, on découvre le *lobe de l'insula*, situé au fond de la scissure.



Fig. 506. — Face convexe d'un hémisphère du cerveau de l'homme (vue des lobes pariétal, frontal, temporal et occipital, dessin demi-schématique).

R, scissure de Rolando. — *ss*, scissure de Sylvius. — *sp*, sillon parallèle. — *op*, scissure pariéto-occipitale ou perpendiculaire externe. — *ip*, sillon interpariétal.

A, circonvolution frontale ascendante. — F_1, F_2, F_3 première, deuxième et troisième circonvolutions frontales. — B, circonvolution pariétale ascensante. — P^1, lobule pariétal supérieur. — P_2, lobule du pli courbe. — P_3, pli courbe. — T_1, T_2, T_3, première, deuxième et troisième circonvolutions temporales.

2° Scissure de Rolando (fig. 506, R). — La scissure de Rolando croise un peu obliquement la face externe de l'hémisphère cérébral. Elle sépare le lobe frontal du lobe pariétal. Les deux circonvolutions qu'elle sépare sont nommées *frontale ascendante* du côté du lobe frontal, et *pariétale ascendante* du côté du lobe pariétal, ou bien *circonvolutions rolandiques* (fig. 506 A et B).

Son *extrémité supérieure* correspond à l'union des deux tiers antérieurs avec le tiers postérieur du bord supérieur de l'hémis-

phère ; elle commence par une encoche qu'on aperçoit au milieu du *lobule paracentral*. Elle est séparée de l'extrémité antérieure de l'hémisphère par une longueur de 11 centimètres, et de l'extrémité postérieure par une longueur de 5 centimètres.

Son *extrémité inférieure* se termine, en bas et en avant, dans une circonvolution qui l'entoure en forme de crochet et qui constitue l'*opercule rolandique*. Elle est séparée de l'extrémité du lobe frontal par 7 centimètres, et de l'extrémité du lobe occipital par 10 centimètres. (Ces mensurations ont été faites par Passet, 1882, et par Giacomini (1), 1884).

3° **Scissure perpendiculaire** (fig. 506, *op*). — Appelée aussi *pariéto-occipitale*, la scissure perpendiculaire de Gratiolet est à cheval sur le bord supérieur de l'hémisphère, et sépare le lobe pariétal du lobe occipital. Elle est courte et constitue une simple encoche. Elle se prolonge sur la face interne de l'hémisphère. La partie qui se trouve sur la face externe est appelée *scissure perpendiculaire externe ;* du côté de la face interne, elle forme la *scissure perpendiculaire interne* (fig. 508, S*po*).

4° **Scissure calloso-marginale** (fig. 508, S*cm*). — Cette scissure commence au-dessous du bec du corps calleux et se termine au bord supérieur de l'hémisphère, en arrière du lobule paracentral, c'est-à-dire en arrière de l'extrémité supérieure de la circonvolution pariétale ascendante. Elle décrit deux courbures et prend la forme d'un S ; la courbure antérieure embrasse par sa concavité la circonvolution du corps calleux, la postérieure contourne le lobule paracentral qu'elle sépare du lobule quadrilatère. Dans son trajet elle est située entre la première circ. limbique, ou circ. du corps calleux, et la première circ. frontale.

En face du genou du corps calleux, la scissure calloso-marginale envoie un prolongement qui divise la première circ. frontale, c'est le *sillon sus-orbitaire* de Broca. Un peu avant sa terminaison, cette scissure donne fréquemment un petit sillon qui limite en avant le lobule paracentral.

B. — *Lobes ou départements de l'écorce cérébrale.*

Je décris six lobes auxquels se rattachent les lobules de la face interne de l'hémisphère. On en trouve quatre sur la face externe ;

(1) Giacomini, professeur d'anatomie à Turin, mort le 5 juillet 1898. Légua, en mourant, son squelette et son cerveau au Musée d'anatomie de Turin. L'un et l'autre furent préparés par les Drs Varaglia et Bovero assistants du professeur Sperino.

frontal, pariétal, temporal, occipital; un sur la face interne, grand lobe limbique de Broca, et un dans les profondeurs de la *scissure de Sylvius*, lobe de l'insula.

1° Lobe frontal.

Le lobe frontal, qui forme l'extrémité antérieure de l'hémisphère, offre trois faces, comme l'hémisphère lui-même : une face

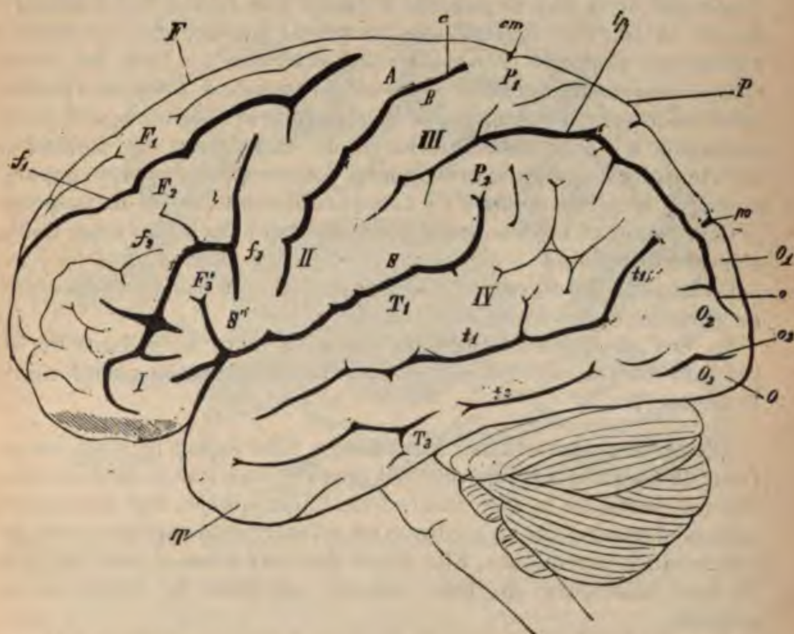


Fig. 507. — Lobes et circonvolutions de la face externe de l'hémisphère cérébral.

F, lobe frontal. — *fa*. circ. front. ascendante. — F1, F^2, $F^{3'}$, les trois circ. fr. — F^3 circ. front. asc., P, lobe pariétal. — P^2, P_2, première et seconde circ. pariétales. — IV, lobe temporal. — T_1, T_2, T_3, les trois premières circ. temporales. — O, lobe occipital. — O1, O_2, O_2, première, deuxième et troisième circ. occipitales.

externe, limitée en arrière par la scissure de Rolando, une face interne qui n'a pas de limite précise en arrière, et une face inférieure située en avant de la scissure de Sylvius.

Face externe du lobe frontal.

On voit sur la face externe, en avant de la scissure de Rolando, quatre circonvolutions dites *frontales*. L'une est postérieure

et forme la lèvre antérieure de la scissure de Rolando ; c'est la *circ. frontale ascendante*. Les trois autres sont perpendiculaires à cette dernière et se dirigent, sinueuses, en avant. La plus élevée s'appelle *première circ. frontale*, la moyenne, *deuxième circ. frontale* et l'inférieure *troisième circ. frontale*.

Circonvolution frontale ascendante. — Cette circonvolution s'anastomose à ses deux extrémités avec la *circ. pariétale ascendante* par deux *plis de passage* formant une boucle aux extrémités de la scissure de Rolando. Le pli de passage de l'extrémité supérieure s'appelle *fronto-pariétal supérieur* ; il unit les deux circonvolutions en formant le *lobule paracentral*. Celui de l'extrémité inférieure, ou *fronto-pariétal inférieur*, forme une boucle analogue, à l'extrémité inférieure de la scissure de Rolando, boucle qui est désignée sous le nom d'*opercule rolandique*, opercule qui recouvre le *lobe de l'insula*. Souvent, le pli de passage *fronto pariétal inférieur* est profondément caché au fond de la scissure de Sylvius.

On appelle *lobe central d'Ecker* la réunion des *circ. frontale ascendante* et *pariétale ascendante*.

La circ. frontale ascendante forme la lèvre antérieure de la scissure de Rolando. Elle donne insertion en avant aux trois circ. frontales (1).

Première circonvolution frontale. — Elle forme le bord supérieur de l'hémisphère, qu'elle suit jusqu'en bas. Par sa face interne elle fait partie de la face interne de l'hémisphère. Par son extrémité postérieure elle se continue avec l'extrémité supérieure de la circ.frontale ascendante. Elle décrit des sinuosités et elle arrive à la face inférieure du lobe frontal, où nous la retrouverons bientôt.

Deuxième circonvolution frontale. — Elle est très irrégulière. Elle se confond avec la partie moyenne de la circ. frontale ascendante. Elle est séparée de la première par le *sillon frontal supérieur* et de la troisième par le *sillon frontal inférieur* (2).

Troisième circonvolution frontale. — C'est la *circonvolution de Broca*. Elle s'insère sur la partie inférieure de la circ. frontale

(1) Le quart supérieur des circ. frontale et pariétale ascendantes renferme le *centre moteur du membre inférieur* ; les deux quarts moyens contiennent le *centre moteur du membre supérieur*, le quart inférieur est le siège du *centre moteur de la langue et d'une partie de la face*.

(2) Le pied de cette circonvolution renferme le *centre de l'agraphie*, centre des mouvements de l'écriture.

ascendante. Elle offre de particulier qu'elle n'existe qu'à l'état rudimentaire chez les anthropoïdes et qu'elle n'est bien développée que chez l'homme. Cette circonvolution forme une partie de la lèvre supérieure de la scissure de Sylvius.

Longue de 5 centimètres, large de 2 centimètres et demi, la circ. de Broca, très flexueuse, est située entre le second sillon frontal et le bord externe de l'hémisphère. On lui décrit un pied, un cap et une tête.



Fig. 508. — Face interne de l'hémisphère cérébral, dessinée d'après nature.

S*Cm*. Scissure calloso-marginale. — S*po*, scissure pariéto-occipitale (perpendiculaire interne). — S*c*, scissure calcarine. — St, sillon transversal du lobe paracentral. — S*r*. extrémité supérieure de la scissure de Rolando. — LP, lobule paracentral. — LQ, Lobule carré ou avant-coin. — LC, lobule cunéiforme, ou coin, entre les scissures calcarine et perpendiculaire interne. — LO, lobe occipital. — CH, circonvolution de l'hippocampe. — CA, circonvolution de la corne d'Ammon. — CC, circonvolution du corps calleux, ou grand lobe limbique de Broca. — CF, face interne de la première circonvolution frontale.

1, Corps calleux. — 2, Cavité du ventricule latéral. — 3, couche optique. — 4, sillon de Monro. — 5, circonvolution godronnée.

Le *pied* s'insère sur la frontale ascendante par un pli de passage ; il est de forme quadrilatère et il est situé entre la scissure de Sylvius et le second sillon frontal (1).

Le *cap*, partie moyenne de la troisième circ. frontale, est un pli étroit et allongé en forme de coin, qui s'enfonce entre les deux prolongements antérieurs de la scissure de Sylvius. On appelle

(1) Le *centre moteur du langage articulé* ou *centre de l'aphasie*, siège dans le pied de la circonvolution de Broca.

incisure du cap un sillon qui pénètre dans la base du cap et qui est un diverticulum du second sillon frontal.

La *tête* est formée par la partie antérieure de la circonvolution de Broca. Elle est sinueuse et de peu d'importance.

Face interne du lobe frontal.

Cette face n'est autre chose que la face interne de la première circ. frontale. Elle forme une grande partie du bord supérieur de l'hémisphère, et elle se termine en arrière par le *lobule paracentral.*

Lobule paracentral (*lobule ovalaire* de Broca). — Il est situé à la face interne de l'hémisphère. Il est limité en haut par le bord supérieur de l'hémisphère, en bas par la suture calloso-marginale, en arrière par le *lobule quadrilatère,* et en avant par un petit sillon, dit *sillon pré-ovalaire.* On voit, en haut, au milieu de ce lobe, une petite échancrure qui est l'origine de la scissure de Rolando.

Le lobule paracentral est formé par l'extrémité supérieure des deux circ. rolandiques, c'est-à-dire de la circ. frontale ascendante et de la circ. pariétale ascendante, mais surtout par la frontale ascendante. Il constitue un pli de passage entre ces deux circonvolutions (1).

Face inférieure du lobe frontal.

Sur la partie inférieure de ce lobe on voit deux circonvolutions antéro-postérieures faisant suite à la première circ. frontale. On les appelle *circ. olfactives*, et le sillon qui les sépare s'appelle *sillon olfactif.* La circ. olfactive interne est rectiligne, ce qui lui a valu le nom de *gyrus rectus* ; l'externe plus large et sinueuse forme la partie interne du *sillon cruciforme*, sillon situé à l'origine des deuxième et troisième circ. frontales.

Lobe olfactif. — Aux deux circ. olfactives se rattache la *substance perforée antérieure.* L'ensemble de ces parties est désigné, par His, sous le nom de *lobe olfactif.*

Chez l'embryon, le lobe olfactif est un diverticulum creux communiquant avec la portion de la cavité de la vésicule cérébrale antérieure qui formera plus tard le ventricule latéral.

(1) Le lobule paracentral renferme *une partie du centre moteur du membre inférieur.*

On divise le *lobe olfactif*, d'après His, en deux parties : 1° le *lobule olfactif antérieur* comprenant ce qu'on appelle improprement le nerf olfactif, c'est-à-dire, le *bulbe olfactif*, le *pédoncule olfactif*, le *trigone olfactif* de Broca et le *carrefour olfactif* de Broca ; 2° le *lobule olfactif postérieur* formé par la *substance perforée antérieure* et la *bandelette diagonale* de Broca. Les deux lobules olfactifs sont séparés par la *fissura prima* de His. Ce sillon est situé entre le trigone olfactif et la *substance perforée antérieure*.

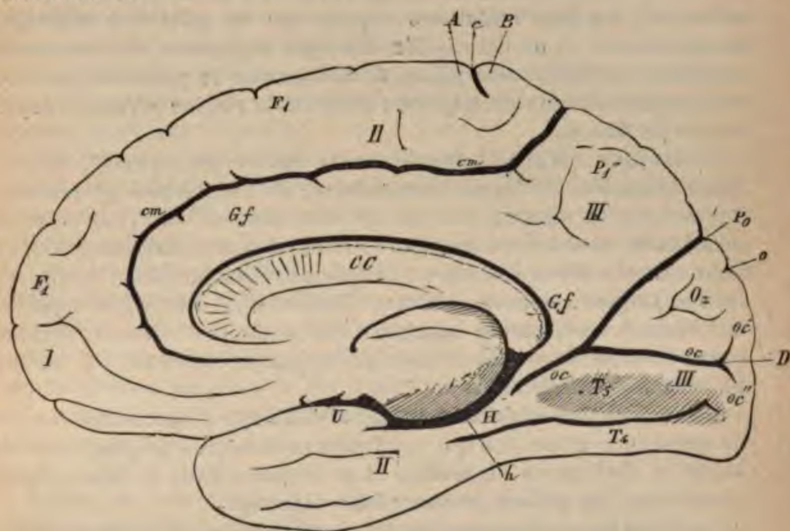


Fig. 509. — Scissures, lobes et lobules de la face interne des hémisphères.

F1, F1, face interne de la première circ. frontale. — *Gf*, circ. du corps calleux. — *cm*, scissure calloso-marginale. — *cc*, corps calleux. — A, B, extrémité supérieure des deux circ. rolandiques. — *c*, scissure de Rolando. — III, lobule quadrilatère. — D, scissure calcarine. — Oz, cuneus.

Les deux lobules olfactifs empiètent légèrement sur la face interne du lobe frontal et forment la limite postérieure des circonvolutions olfactives.

Lobule olfactif antérieur. Il se compose, d'avant en arrière, du bulbe olfactif, du pédoncule olfactif, du trigone olfactif et du carrefour olfactif.

Le *bulbe olfactif* a l'aspect d'un ganglion. Il est situé dans la gouttière olfactive de la base du crâne, gouttière dont le fond est formé par la lame criblée de l'ethmoïde. Il a tout près d'un centimètre de long sur 4 millimètres de large (voy. *Nerf olfactif*).

Il est en rapport en haut avec les circonvolutions olfactives ; en bas, il est croisé par les artères ethmoïdales, le nerf nasal interne et la lame criblée. Il reçoit par sa face inférieure, les nerfs olfactifs.

Le *pédoncule olfactif* est le prolongement nerveux qui fait suite au bulbe. On l'appelle encore *bandelette olfactive* et *tractus olfactif*. Le pédoncule est mou ; il est prismatique et triangulaire parce qu'il prend la forme du sillon olfactif dans lequel il est situé. Les faces latérales correspondent aux deux circonvolutions olfactives ; sa face inférieure repose sur la gouttière olfactive du sphénoïde et de l'ethmoïde. Le bord supérieur du pédoncule est formé de substance grise, de même que la partie supérieure des angles latéraux du trigone : il forme la *racine olfactive supérieure* de Broca.

Le *trigone olfactif*, appelé aussi *tubercule olfactif*, est un épaississement, de forme triangulaire, de l'extrémité postérieure du pédoncule olfactif. Son *angle antérieur* se continue avec le pédoncule, et ses deux *angles latéraux* donnent naissance à deux faisceaux de fibres blanches : le faisceau interne forme la *radiation olfactive interne*, suivant l'expression d'Edinger, appelée autrefois, à tort, racine blanche interne du nerf olfactif ; le faisceau externe forme la *radiation olfactive externe*, ou racine blanche externe de l'olfactif.

La *radiation olfactive interne*, recouverte d'une mince couche de substance grise, n'a que quelques millimètres de long ; elle se porte en dedans et en arrière et se termine dans le lobe olfactif postérieur, au milieu du *carrefour olfactif*.

La *radiation olfactive externe*, plus longue que l'autre, se dirige en arrière et en dehors ; son extrémité postérieure se porte vers l'extrémité antérieure du lobe temporal et se jette dans la *circonvolution de l'hippocampe*. Tantôt simple, tantôt double, cette radiation sépare les circonvolutions frontales, qui sont en dehors, de la substance perforée antérieure, qui est en dedans.

Le *carrefour olfactif* de Broca est un petit espace situé en dedans de la substance perforée antérieure à la partie postérieure du gyrus rectus, ou circonvolution olfactive interne.

Un sillon qui fait suite à la *fissura prima* de His, et qui se nomme *incisure primaire*, le limite *en arrière ; en avant*, il se continue avec le *gyrus rectus ; en haut*, il se continue avec la *circonvolution du corps calleux* ou *première circonvolution limbique ; en bas*, il est limité par la *fissura serotina* de His.

Il est croisé par la *radiation olfactive interne* en avant, et par la *bandelette diagonale* en arrière.

Cette petite région est encore appelée *carrefour de l'hémisphère*

de Broca, *zone de Broca*, *gyrus vestibulé*, *tubercule de jonction* (Brissaud) (1).

Lobule olfactif postérieur ou *substance perforée antérieure*. Appelée encore *espace quadrilatère de Foville*, la substance perforée antérieure, de couleur grise, est située en dedans de la vallée de Sylvius, en arrière du trigone olfactif. Elle a un centimètre de côté environ. Ses quatre côtés sont formés : en avant et en dedans par le nerf optique et la radiation olfactive interne ; en arrière et en dedans par la bandelette optique, en avant et en dehors par la radiation olfactive externe ; en arrière et en dehors par le crochet de la circonvolution de l'hippocampe.

La substance perforée est criblée de petits trous qui laissent passer les artères du corps strié fournies par la carotide interne et l'artère cérébrale moyenne.

Elle est traversée d'avant en arrière et de dedans en dehors par le pédoncule du corps calleux, ou bandelette diagonale de Broca (2). La substance perforée antérieure se continue en dedans avec le carrefour olfactif de Broca. Sa partie antéro-interne est voisine de la partie inférieure de la tête du noyau caudé du corps strié. La partie postérieure de la substance perforée antérieure est adossée au *globus pallidus*, et sa partie externe au troisième segment du noyau lenticulaire du corps strié. La substance perforée est séparée du globus pallidus et du troisième segment lenticulaire par une couche de fibres blanches appartenant à la radiation olfactive externe.

Sillons du lobe frontal. — Les circonvolutions du lobe frontal sont séparées par des sillons, les sillons prérolandiques, les sillons frontaux et le sillon fronto-marginal.

Les *sillons prérolandiques* sont situés en avant du sillon de Rolando, comme leur nom l'indique. Ils sont variables. Généralement, il y a un *sillon prérolandique inférieur* et un *supérieur*. L'inférieur est une sorte d'élargissement du deuxième sillon fron-

(1) Broca distingue les mammifères en *osmatiques* ou *anosmatiques*. Les anosmatiques, comme les cétacés delphiniens, n'ont pas de *carrefour olfactif* ; il existe à sa place une surface lisse que Broca a appelée *désert olfactif*.
Chez quelques mammifères, comme le cheval, l'état embryonnaire du bulbe olfactif et du pédoncule olfactif persiste, et leur cavité communique avec le ventricule latéral pendant toute la vie.

(2) On n'est pas bien fixé sur cette *bandelette diagonale*. Zuckerkandl en fait les faisceaux olfactifs de la corne d'Ammon ; quelquef... elle semble partir du *septum lucidum* (pédoncules du septum lucid... elle semble continuer en avant les *tænia tecta*. Parfois, ell... mière circ. limbique. Le plus souvent elle fait sui...

tal au-devant de la partie inférieure de la circonvolution frontale ascendante. Le *sillon prérolandique supérieur* est situé en avant et en haut de la circonvolution frontale ascendante et reçoit le premier sillon frontal.

Le *premier sillon frontal* sépare la première et la deuxième circonvolutions frontales.

Le *deuxième sillon frontal* sépare les deuxième et troisième circonvolutions frontales. Ces sillons sont irréguliers et variables dans leur disposition.

2° Lobe pariétal.

Le lobe pariétal est limité en avant par la scissure de Rolando, en arrière imparfaitement par la scissure perpendiculaire externe, et en bas par le prolongement postérieur de la scissure de Sylvius.

Le lobe pariétal offre une face externe sur la face externe de l'hémisphère et une face interne sur la face interne de l'hémisphère.

Face externe du lobe pariétal.

L'importance du lobe pariétal n'est pas moindre que celle du lobe frontal, car c'est dans la *région fronto-pariétale* que sont groupés les principaux centres moteurs.

On trouve sur la face externe de ce lobe : 1° trois circonvolutions (circonvolution pariétale ascendante, circonvolution pariétale supérieure, circonvolution pariétale inférieure) ; 2° un sillon (sillon inter-pariétal).

Circonvolution pariétale ascendante. — Elle borde en arrière la scissure de Rolando. Cette circonvolution est très épaisse ; son extrémité supérieure se continue avec l'extrémité supérieure de la circonvolution frontale ascendante, en formant un crochet que l'on voit sur la face interne de l'hémisphère cérébral, où il constitue le *lobule paracentral*. Son extrémité inférieure se continue de même par un crochet avec la circonvolution frontale ascendante. Ce crochet est un pli de passage qui limite en bas la scissure de Rolando (opercule rolandique). Son bord postérieur donne naissance aux circonvolutions pariétales supérieure et inférieure.

(1) Le quart supérieur de la circonvolution pariétale ascendante renferme le *centre moteur du membre inférieur* ; le *centre moteur du membre supérieur* siège dans les deux quarts moyens de la circonvolution. Dans le quart infé-

Circonvolution pariétale supérieure (gyrus supero-parietalis). — Elle naît de la partie supérieure de la circonvolution pariétale ascendante. Elle décrit des sinuosités variables suivant les individus; elle forme une partie du bord supérieur de l'hémisphère cérébral, et longe le *sillon inter-pariétal*, dont elle forme la lèvre supérieure; puis, son extrémité postérieure passe dans le lobe occipital en formant un pli de passage qui interrompt la scissure perpendiculaire externe et qui se continue avec la première circonvolution occipitale. On appelle encore cette circonvolution : *lobule pariétal supérieur* (fig. 510 P[1]).

En étudiant ce lobule chez les divers sujets, on voit que la direction des sinuosités varie un peu, mais on le reconnaît toujours à ses limites : circonvolution pariétale ascendante, scissure inter-hémisphérique, sillon inter-pariétal et scissure occipitale externe.

Circonvolution pariétale inférieure (gyrus infero-parietalis). — Elle forme ce qu'on appelle le *lobule pariétal inférieur* ou *lobule du pli courbe* (fig. 510 P[2]).

Elle est comprise entre le sillon inter-pariétal et la scissure de Sylvius.

Elle prend naissance par une ou deux racines sur la partie inférieure de la circonvolution pariétale ascendante. Puis, elle se porte en arrière en décrivant des sinuosités nombreuses. Ces sinuosités sont connues sous le nom de *lobule du pli courbe*, parce qu'il existe à sa partie postérieure un pli, une circonvolution, un gyrus, ayant la forme d'un crochet, et que l'on appelle le *pli courbe* (1).

Pour comprendre le pli courbe, il faut connaître les circonvolutions temporales. Au-dessous du prolongement postérieur de la scissure de Sylvius, on trouve les circonvolutions temporales superposées. La première forme la lèvre inférieure du prolongement postérieur de la scissure de Sylvius. Elle est limitée en bas par un sillon qui la sépare de la deuxième circonvolution temporale, sillon qui a reçu le nom de *sillon parallèle*, appelé ainsi parce qu'il est parallèle à la scissure de Sylvius. Ce sillon parallèle se termine en arrière, un peu avant d'atteindre la scissure

rieur de la circonvolution pariétale ascendante siège une partie du *centre moteur de la langue et d'une partie de la face* (tous les muscles excepté ceux du front, des paupières et des yeux).

(1) Dans la *circonvolution pariétale inférieure* se trouve le *centre de cécité verbale* (voy. *Centres moteurs*).

perpendiculaire externe. L'extrémité postérieure de ce sillon est embrassée, contournée par un crochet indiqué plus haut, et qui termine en arrière la circonvolution pariétale inférieure; c'est ce crochet qu'on appelle *pli courbe*(1).



Fig. 510. — Face convexe d'un hémisphère du cerveau de l'homme (vue des lobes pariétal, frontal, temporal et occipital, dessin demi-schématique).

R, scissure de Rolando. — *ss*, scissure de Sylvius. — *sp*, scissure parallèle. — *op*, scissure perpendiculaire externe. — *ip*, scissure interpariétale.
A, circonvolution frontale ascendante. — F_1, F_2, F_3. Première, deuxième et troisième circonvolutions frontales. — B, circonvolution pariétale ascendante. — P_1, lobule pariétal supérieur. — P_2, lobule du pli courbe. — P_3, pli courbe. — T_1, T_2, T_3. Première, deuxième et troisième circonvolutions temporales.

Au niveau du pli courbe, on voit que la circonvolution pariétale inférieure se comporte comme la pariétale supérieure, c'est-à-dire qu'elle se continue par un second pli de passage avec le lobe occipital. Ces plis de passage font que, chez l'homme, la scissure perpendiculaire externe n'est pas aussi longue que chez le singe.

En résumé, le *pli courbe*, à cheval sur l'extrémité postérieure

(1) On appelle *plis verticaux* de Gromier des plis de passage superficiels ou profonds qui interrompent la scissure interpariétale.

Le *sillon pariétal transverse* de Brissaud est une branche de la scissure interpariétale qui se termine en haut, en avant de la scissure perpendiculaire externe.

Le *sillon intermédiaire de Jansen* est un rameau de la même scissure qui subdivise la circonvolution pariétale inférieure en deux parties : une antérieure, ou *pli marginal* de Gratiolet ; une postérieure, ou *pli courbe*.

du sillon parallèle, est formé par la convergence de l'extrémité postérieure de la circonvolution pariétale inférieure, de la 1[re] et de la 2[e] circonvolutions temporales, et du second pli de passage, qui unit la 2[e] circonvolution occipitale à la circonvolution pariétale inférieure.

Sillon interpariétal. — Il commence en arrière de l'extrémité inférieure de la scissure de Rolando, puis il passe au milieu du lobe pariétal en décrivant une courbe à concavité inférieure, et se perd sur le lobe occipital.

Le plus ou moins d'étendue de la scissure perpendiculaire externe constitue un excellent caractère distinctif entre le cerveau de l'homme et celui du singe ; chez ce dernier, elle est très prononcée, tandis qu'elle est à peine marquée chez l'homme.

De même, chez le singe, le sillon inter-pariétal est continu comme la scissure de Rolando, mais chez l'homme on voit fréquemment des anastomoses qui unissent la circonvolution pariétale supérieure et la circonvolution pariétale inférieure, de manière à interrompre la continuité du sillon inter-pariétal. Elles sont nombreuses dans le cerveau humain, et leur présence donne à la disposition des circonvolutions de l'homme une apparence de grande confusion.

Face interne du lobe pariétal.

Le lobe pariétal se prolonge sur la face interne de l'hémisphère comme le lobe frontal. Il est limité en bas par la *scissure sous-pariétale*, qui le sépare incomplètement du grand lobe limbique de Broca ; en arrière, par la scissure perpendiculaire interne et en avant par la terminaison de la scissure calloso-marginale qui le sépare du lobule paracentral.

On aperçoit sur la face interne du lobe pariétal, la partie interne de l'extrémité supérieure de la circonvolution pariétale ascendante, qui forme la moitié postérieure du *lobule paracentral*. On y voit aussi la face interne de la *circonvolution pariétale supérieure* qui forme le *lobule quadrilatère*.

Lobule quadrilatère. — Le lobule quadrilatère, *lobe carré*, *avant-coin*, ou *précuneus*, est une surface carrée, limitée en avan[t] par la scissure calloso-marginale, en arrière par la scissure per[-]pendiculaire interne. Nous verrons plus loin que la struct[ure de] ce lobule a beaucoup d'analogie avec celle du lobule [...] ou *cuneus*.

3° Lobe temporal.

Ce lobe se voit sur la face externe et sur la face inférieure de l'hémisphère. Il existe trois circonvolutions temporales sur la face externe et deux sur la face inférieure. Ce lobe est limité en haut et en avant par la scissure de Sylvius. En arrière et du côté de la face inférieure, il est mal limité ; c'est pour cette raison que quelques auteurs appellent *temporo-occipitales* les circonvolutions de la face inférieure.

Le lobe temporal comprend donc cinq circonvolutions : de la première à la cinquième temporale, de haut en bas. Décrire séparément un lobe temporal et un lobe temporo-occipital ne sert qu'à compliquer inutilement la description. Les *sillons temporaux* s'appellent premier, second, troisième, et quatrième, en comptant également de haut en bas. Le seul qui ait quelque importance est le premier qui a reçu le nom de *sillon parallèle*.

Sillon parallèle. — Ce sillon est constant. Il commence à l'extrémité antérieure du lobe temporal et se dirige en arrière parallèlement à la branche postérieure de la scissure de Sylvius. A la partie postérieure de cette dernière elle change de direction, elle monte et elle se termine dans le *pli courbe* (fig. 510, *sp*).

Première circonvolution temporale. — Cette circonvolution forme le bord inférieur du prolongement postérieur de la scissure de Sylvius ; elle est limitée en bas par le *sillon parallèle* (fig. 510, T^1). En avant, elle se continue par un crochet avec la deuxième temporale ; en arrière, elle se perd dans le lobule du pli courbe (1).

Deuxième circonvolution temporale. — Située au-dessous du sillon parallèle, elle se dirige en arrière et se confond avec le pli courbe, en formant un crochet embrassant la partie postérieure du sillon parallèle (fig. 510 T^2).

Troisième circonvolution temporale. — Elle est située au-dessous de la précédente. Elle est irrégulière, et forme le bord de l'hémisphère cérébral. Elle est séparée de la deuxième temporale par un sillon incomplet, de sorte qu'il y a un certain degré de fusion entre la deuxième et la troisième temporale (fig. 510, T^3).

(1) Vers la partie moyenne de cette circonvolution se trouve le *centre auditif* au voisinage du *centre de la surdité*.

Quatrième circonvolution temporale. — En dedans de la *troisième circonvolution temporale*, on trouve d'abord la *quatrième* ou *première circonvolution temporo-occipitale*, qui décrit des sinuosités dans toute sa longueur et qui borde le premier sillon temporo-occipital, interrompu par des plis de passage (fig. 511).



Fig. 511. — Circonvolutions de la face inférieure de l'hémisphère droit. On y voit les deux circonvolutions temporo-occipitales ou 4e et 5e temporales, et les sillons qui les limitent, la troisième circonvolution temporale, le sillon cruciforme et le lobe olfactif.

La *cinquième temporale* ou *seconde circonvolution temporo-occipitale* décrit une courbe qui forme la lèvre inférieure des parties latérales de la fente de Bichat. Elle se confond, en formant un crochet, avec la substance grise de la corne d'Ammon. Cette circonvolution sera décrite avec le grand lobe limbique de Broca.

4° Lobe occipital.

Ce lobe est petit ; il est assez irrégulier. Il forme l'extrémité postérieure, la *corne postérieure* de l'hémisphère. Il se prolonge, comme le lobe frontal et le lobe pariétal, sur la face interne de l'hémisphère et il offre comme eux deux faces.

Face externe du lobe occipital.

Elle est formée par trois circonvolutions séparées par des sillons.

Circonvolution occipitale supérieure. — Elle se continue pli de passage avec la pariétale supérieure.

Circonvolution occipitale moyenne. — Cette circonvolution se continue avec la pariétale inférieure par un pli de passage qui constitue une émanation du pli courbe. Quelquefois, il y a une *troisième circonvolution occipitale* qui se confond avec les circonvolutions temporales.



Fig. 512. — Face interne de l'hémisphère cérébral, dessinée d'après nature.

Sim, scissure calloso-marginale. — *Spo*, scissure pariéto-occipitale (perpendiculaire interne). — *Sc*, scissure calcarine. — *Sc*, sillon transversal du lobule paracentral. — *Sr*, extrémité supérieure de la scissure de Rolando. — LP, lobule paracentral. — LQ, lobule carré ou avant-coin. — LC, lobule cunéiforme, ou coin, entre les scissures calcarine et perpendiculaire interne. — LO, lobe occipital. — CH, circonvolution de l'hippocampe. — CA, circonvolution de la corne d'Ammon. — CC, circonvolution du corps calleux ou grand lobe limbique de Broca. — CF, face interne de la première circonvolution frontale. — 1, corps calleux. — 2, cavité du ventricule latéral. — 3, couche optique. — 4, sillon de Monro. — 5, circonvolution godronnée.

Entre ces circonvolutions, il y a des sillons de peu d'importance, *sillon occipital supérieur* et *sillon occipital inférieur*, le premier pénétrant entre les deux plis de passage et se continuant avec le sillon interpariétal.

Face interne du lobe occipital.

Le lobe occipital concourt par sa face interne à la formation de la face interne de l'hémisphère.

On y trouve trois scissures qui sont d'avant en arrière la scissure perpendiculaire interne, la scissure calcarine et le sillon collatéral. On y trouve également trois lobules, le lobule triangulaire, le lobule lingual et le lobule fusiforme.

a. **Scissure perpendiculaire interne** (fig. 512, *Spo*). — Appelée aussi *pariéto-occipitale*, la scissure perpendiculaire interne de Gratiolet forme la limite antérieure du lobe occipital et sépare le lobule quadrilatère, qui se trouve en avant, du lobule triangulaire qui est en arrière. Elle se termine au sommet du lobule triangulaire en se confondant avec la scissure calcarine.

b. **Scissure calcarine** (fig. 512 *Sc*). — Cette scissure, très profonde et horizontale, est située au-dessous du lobule triangulaire qu'elle limite en arrière. Gratiolet l'appelait *partie postérieure de la scissure des hippocampes*. Cette scissure correspond au prolongement occipital du ventricule latéral ; elle refoule la substance blanche dans ce prolongement, où elle forme l'*ergot de Morand*.

c. **Sillon collatéral**. — Le sillon collatéral est situé au-dessous de la scissure calcarine. Il lui est parallèle. Il s'étend jusqu'à l'extrémité antérieure du lobe temporal. Il sépare le *lobule lingual*, qui est au-dessus et en arrière, du *lobule fusiforme*, situé au-dessous et en avant. Sa partie antérieure sépare le lobule fusiforme de la *circonvolution de l'hippocampe*. Ce sillon, souvent très profond, produit dans le prolongement sphénoïdal du ventricule latéral une saillie analogue à l'ergot Morand, et appelée *éminence collatérale* de Meckel ou *cuissard* de Malacarne.



Fig. 513. — Lobule triangulaire (face interne de l'hémisphère).

1, circonvolution du corps calleux. — 2, 1re circonvolution frontale. — 3, lobule paracentral. — 4, scissure de Rolando. — 5, lobule quadrilatère. — 6, cuneus ou lobule triangulaire. — 7, scissure perpendiculaire interne. — 8, scissure calcarine.

d. **Lobule triangulaire**. — Le *lobule triangulaire*, appelé aussi *cuneus*, ou *coin*, est situé entre la scissure perpendiculaire interne et la scissure calcarine, entre lesquelles il pénètre à la manière d'un coin. Il représente la face interne de la première circonvolution occipitale.

Il présente de petits sillons superficiels dont l'un, un peu plus profond, a reçu le nom de *sillon du cunéus*.

Il est relié aux parties voisines par plusieurs plis de passage. Le pli de passage *pariéto-occipital interne, et supérieur* le relie,

en avant, au lobule quadrilatère, le pli *cunéo-limbique* relie son sommet au lobe limbique, et les *plis cunéo-linguaux* le relient au lobule lingual.

Par sa base, le cuneus concourt à former le bord supérieur de l'hémisphère cérébral.



Fig. 514. — Face interne de l'hémisphère cérébral, dessinée d'après nature.

Sem, scissure calloso-marginale. — *Spo*, scissure pariéto-occipitale (perpendiculaire interne). — *Sc*, scissure calcarine. — *Sc*, sillon transversal du lobe paracentral. — *Sr*, extrémité supérieure de la scissure de Rolando. — LP, lobule paracentral. — LQ, lobule carré ou avant-coin. — LC, lobule cunéiforme, ou coin, entre les scissure calcarine et perpendiculaire interne. — LO, lobe occipital. — CH, circonvolution de l'hippocampe. — CA, circonvolution de la corne d'Ammon. — CC, circonvolution du corps calleux, grand lobe limbique de Broca. — CF, face interne de la première circonvolution frontale. — 1, corps calleux. — 2, cavité du ventricule latéral. — 3, couche optique. — 4, sillon de Monro. — 5, circonvolution godronnée.

e. **Lobule lingual**. — Le lobule lingual est un petit lobule antéro-postérieur situé entre la scissure calcarine, qui le sépare du cunéus, et le sillon collatéral, qui le sépare du lobule fusiforme. C'est la *seconde circonvolution temporo-occipitale* de Charcot.

Il représente la face interne des deuxième et troisième circonvolutions occipitales. Parti du pôle occipital, il s'amincit en avant et se termine par une extrémité amincie au-dessous du bourrelet du corps calleux, où un pli de passage *rétro-limbique* le relie à la circonvolution de l'hippocampe. Le *sillon du lobule lingual* parcourt ce lobule d'avant en arrière et le divise en deux petites circonvolutions.

f. **Lobule fusiforme**. — Ce lobule, situé entre le sillon collatéral et le troisième sillon temporal, est renflé au milieu et aminci

aux extrémités à la manière d'un fuseau. C'est la *troisième circonvolution temporo-occipitale* de Charcot.

On trouve souvent un pli de passage *temporo-limbique* qui relie le lobule fusiforme à la circonvolution de l'hippocampe, en interrompant le sillon collatéral.

5° Grand lobe limbique de Broca.

Sous ce nom, Broca a réuni deux circonvolutions bien connues, la *circonvolution du corps calleux* et la *circonvolution de l'hippocampe* (1). Il donne à la première le nom de *première circonvolution limbique* et à l'autre celui de *seconde circonvolution limbique.*

Ces deux circonvolutions réunies forment un anneau presque complet qui entoure la convexité du corps calleux, depuis le bec jusqu'au bourrelet, et le pédoncule cérébral en arrière et en bas, autrement dit le *seuil de l'hémisphère.* Cet anneau, incomplet en avant et en bas, au-dessous du bec du corps calleux, se trouve complété par le lobe olfactif qui unit l'extrémité antérieure des deux circonvolutions limbiques (circonvolution du corps calleux et circonvolution de l'hippocampe).

Le grand lobe limbique comprend : 1° trois circonvolutions ; la *première circonvolution limbique*, la *seconde circonvolution limbique* et la *circonvolution godronnée* qui se rattache au grand lobe limbique ; 2° le sillon de l'hippocampe ; 3° le sinus du corps calleux.

Je ne saurais trop recommander l'étude de ce lobe qui présente des vues véritablement nouvelles, surtout en ce qui concerne la circonvolution godronnée.

a. **Première circonvolution limbique** (2). — Elle commence en avant du carrefour olfactif de Broca, au-dessous du genou du corps calleux, et contourne le genou, la face supérieure et le bourrelet du corps calleux, au-dessous duquel elle s'amincit et forme l'*isthme du lobe limbique* ou *anté-calcarinien*. L'isthme relie l'extrémité postérieure de la première circonvolution limbique à

(1) Hippocampe, ou cheval marin attelé au char de Neptune (comparaison fantaisiste).

(2) C'est la *circ. du corps calleux* (Broca), la *circ. de l'ourlet* (Foville), le *gyrus fornicatus* d'Ecker, etc.

l'extrémité antérieure de la seconde (1) circonvolution limbique (2).

Le *sinus du corps calleux* sépare la première circonvolution limbique de la face supérieure du corps calleux. La *scissure calloso-marginale* la sépare de la face interne de la première circonvolution frontale et du lobule paracentral. En arrière du lobule paracentral, la première circonvolution limbique est en rapport avec le lobule quadrilatère et avec le lobule triangulaire dont l'*isthme* reçoit un pli de passage du cunéus, *pli cunéo-limbique*, et un autre du lobule lingual, *pli rétro-limbique*, ou *occipitô-hippocampique* de Broca.

Seconde circonvolution limbique (3). — Cette circonvolution naît de l'*isthme anté-calcarinien* par une grosse extrémité, au-dessous du bourrelet du corps calleux ; puis elle décrit une courbe qui contourne le bord externe et la face inférieure du pédoncule cérébral, pour former la lèvre inférieure des parties latérales de la fente cérébrale de Bichat. Son *bord interne* est libre, son *bord externe* est en rapport avec le sillon collatéral et le lobule fusiforme. Son *extrémité inférieure* se termine au niveau de la substance perforée antérieure, en dedans de la vallée de Sylvius.

A ce niveau, cette circonvolution forme la paroi antéro-inférieure du prolongement sphénoïdal du ventricule latéral.

A sa terminaison, cette circonvolution se renfle, constitue le *lobule de l'hippocampe* et se recourbe en arrière pour former un *crochet* (4) qui embrasse l'extrémité antérieure du sillon de l'hippocampe (5). Ce crochet se confond avec le pilier postérieur du trigone cérébral, et donne insertion au *velum terminale*, couche de substance grise qui ferme l'extrémité antérieure du prolongement sphénoïdal du ventricule latéral.

La circonvolution de l'hippocampe présente une saillie blanche sur la paroi inférieure du prolongement sphénoïdal du ventricule latéral. Cette saillie est la *corne d'Ammon*, qui n'est autre chose que la substance nerveuse refoulée par le *sillon de l'hippocampe*, sillon très profond situé au-dessous de la circonvolution

(1) Je l'appelle *seconde* et non *deuxième*, pour me conformer aux règles de la grammaire française.

(2) L'isthme est quelquefois profond. On ne l'aperçoit alors qu'en ouvrant la scissure calcarine dont il occupe la partie profonde. On voit qu'il sépare la scissure calcarine du sillon de l'hippocampe.

(3) Synonyme : *Circ. de l'hippocampe*.

(4) Synonymes du crochet : *uncus*, *gyrus uncinatus*, *pli unciforme*.

(5) C'est là que siège la *sphère olfactive* ou *centre olfactif*.

de l'hippocampe, seconde circonvolution limbique. A la coupe, on voit que la corne d'Ammon est formée de substance blanche à la surface et de substance grise profondément.

On appelle *subiculum* la couche blanche de la partie antérieure de la circ godronnée.

L'*alveus* est la couche de substance blanche superficielle de la corne d'Ammon.

C'est au-dessous de la seconde circonvolution limbique que se trouvent les *circonvolutions sous-calleuses* de Zuckerkandl, plus développées chez les solipèdes et les ruminants que chez l'homme (Mathias Duval).

c. **Circonvolution godronnée**. — La circonvolution godronnée est une petite circonvolution avortée, très mince, qui forme un anneau presque complet autour du pédoncule cérébral et du corps calleux.

A son extrémité inférieure, elle est située au fond du sillon de l'hippocampe. Pour l'apercevoir, il faut, d'une part, abaisser la circonvolution de l'hippocampe, et, d'autre part, soulever le bord libre du pilier postérieur du trigone qui la recouvre, autrement dit le *corps bordant* ou *fimbria*.

Elle a la forme d'un cordon gris, suivant la courbure du corps bordant et du subiculum de la corne d'Ammon, et présentant dix-huit à vingt bosselures, d'où son nom.

A son extrémité inférieure, la circonvolution godronnée naît au niveau du *velum terminale* d'Aeby, par une mince bandelette grise, *bandelette de Giacomini* (1883). Un peu après son origine, la circonvolution godronnée, lisse et unie, devient plus épaisse et commence à montrer ses bosselures.

Elle monte vers le bourrelet du corps calleux, séparée de la circonvolution de l'hippocampe par le sillon de l'hippocampe, et suivant le corps bordant.

Arrivée au corps calleux, la circonvolution godronnée passe au-dessus du bourrelet, reprend l'aspect lisse et uni qu'elle avait à son origine, prend alors le nom de *fasciola cinerea*, et se réunit à celle du côté opposé. Les deux fasciola cinerea réunis s'étalent à la surface du corps calleux où ils forment une lamelle grise très mince appelée *induseum griseum*, ou *voile gris*. Cette lamelle grise, couvre toute l'étendue du corps calleux, descend sur le genou, jusqu'au bec où elle se termine d'une manière variable.

Si nous reprenons la circonvolution godronnée depuis son origine jusqu'à sa terminaison, nous voyons que cette circonvolution, partout continue, récemment étudiée par Giacomini et Mathias Duval, est, pour ainsi dire, atrophiée, et … e divers aspects, depuis son origine jusqu'à sa …

du *velum terminale*, elle constitue d'abord la *bandelette de Giacomini*, puis le *corps godronné* des anciens anatomistes, situé au-dessous du *corps bordant*, ou fimbria. Arrivée au bourrelet du corps calleux, elle prend le nom de *fasciola cinerea;* puis elle se réunit à celle du côté opposé pour donner naissance au *voile gris* ou *induseum griseum*, qui termine la circonvolution en avant.

Disons quelques mots de ces diverses parties.

Bandelette de Giacomini. — La bandelette de Giacomini est mince, unie, grisâtre, et mesure un millimètre de large environ. Elle naît au bord interne du *velum terminale*, se porte en dehors, contourne en bas et en dehors la circonvolution du crochet, et s'enfonce dans la partie antérieure du sillon de l'hippocampe où elle s'épaissit et conserve son aspect lisse jusqu'aux bosselures de la circonvolution godronnée. Telle est la bandelette de Giacomini, origine de la circonvolution godronnée.

2° *Fasciola cinerea.* — Le fasciola cinerea est la partie de la circonvolution godronnée située en arrière du bourrelet du corps calleux; il fait suite au corps godronné, et il perd son nom au moment où, confondu avec celui du côté opposé, il s'étale en formant l'*induseum griseum*.

3° *Induseum griseum.* — L'induseum griseum, c'est-à-dire le voile gris, est une couche très mince de substance grise répandue sur la face supérieure du corps calleux et provenant de la fusion et de l'étalement des deux *fasciola cinerea*.

C'est une mince couche de substance grise, venue de la substance grise de la face interne des hémisphères et entraînée par les fibres transversales du corps calleux au moment de leur formation.

Le voile gris est un peu plus épais de chaque côté de la ligne médiane, dans le sinus du corps calleux, où il forme deux bandelettes grises. Ces bandelettes sont bordées par deux *tractus blancs* antéro-postérieurs. Les *tractus internes, ou médians*, sont les *nerfs de Lancisi* que nous retrouverons dans la description du corps calleux ; les *tractus latéraux* sont les *tœnia tecta*. Au niveau du genou du corps calleux, il y a une *fusion* des nerfs de Lancisi, des tænia tecta et du voile gris. De cette fusion naît la *circonvolution géniculée* de Zuckerkandl.

4° *Circonvolution géniculée.* — Cette circonvolution a été décrite par Zuckerkandl : elle est située au-devant du *genou* du corps calleux et s'étend jusqu'au *bec*. Elle est formée par la fusion des nerfs de Lancisi, des tœnia tecta et du voile gris. La circonvolution géniculée se termine d'une manière variable.

En général, les nerfs de Lancisi forment la *bandelette diagonale* de Broca, ou *pédoncules du corps calleux*, et se terminent au bord antérieur de la circonvolution de l'hippocampe, près de la bandelette de Giacomini. Zuckerkandl appelle cette bandelette *faisceau olfactif de la corne d'Ammon*. Ces bandelettes s'unissent aux *pédoncules du septum lucidum*.

d. **Sillon de l'hippocampe**. — Ce sillon, appelé encore par Gratiolet *partie antérieure de la scissure des hippocampes*, très profond, déprime la substance nerveuse dans le prolongement sphénoïdal du ventricule latéral et forme la corne d'Ammon. Les digitations de la corne d'Ammon sont dues à des incisures profondes de ce sillon. Plus en arrière, il passe sous le subiculum et les circonvolutions sous-calleuses, au-dessus de la circonvolution godronnée. Ce sont les incisures de ce sillon qui donnent l'aspect bosselé au corps godronné. Il monte en arrière du bourrelet du corps calleux où il sépare les circonvolutions sous-calleuses du *fasciola cinerea*, puis il se termine dans le sinus du corps calleux.

e. **Sinus du corps calleux**. — Vésale a donné le nom de sinus du corps calleux à un enfoncement situé entre la circonvolution du corps calleux, et le corps calleux recouvert par les nerfs de Lancisi, les tænia tecta et le voile gris. Le fond, en forme de bord, est formé par l'entre-croisement des fibres du corps calleux avec les autres fibres de la substance blanche. Ce sinus se continue depuis le bourrelet du corps calleux, où il fait suite au sillon de l'hippocampe, jusqu'au bec du corps calleux, pour se continuer ensuite avec la *fissura prima* de His, à la base du cerveau. L'artère cérébrale antérieure recouvre le corps calleux au niveau du sinus.

6° Lobe de l'insula.

Le lobe de l'insula, ou *insula de Reil*, est profondément caché dans la partie externe de la scissure de Sylvius. On ne peut l'apercevoir qu'en écartant le lobe frontal du lobe temporal, qui forment les lèvres de la scissure.

Il faut, pour bien voir les circonvolutions qui la composent, enlever la pie-mère et les nombreuses ramifications de l'artère cérébrale moyenne qui la couvrent.

On voit alors qu'elle est formée par un groupe de c
circonvolutions à peu près égales, rayonnant de bas en
ensemble représente assez bien une patte d'a

griffes. Sur une coupe transversale de l'*insula*, on voit les rapports qu'elle affecte profondément avec le corps strié.

L'insula est entourée par le *sillon circulaire de Reil* (*sulcus circularis*). Un sillon oblique en bas et en avant, *sillon central*, divise l'insula en deux parties, *partie frontale* et *partie pariéto-temporale*. Un sillon, *sillon précentral*, divise en deux portions la partie frontale. Toutes les circonvolutions de l'insula convergent au *sommet*, *pôle* de l'insula ou *pôle de Broca*.

Au début, chez l'embryon, l'insula de Reil est superficielle comme le reste de la vésicule cérébrale antérieure ; mais à partir du troisième mois, son développement ne fait aucun progrès, de sorte que les parties voisines, continuant à se développer, finissent par la recouvrir en avant et en arrière. Les parties qui la recouvrent appartiennent au lobe temporal en bas, au lobe frontal et au lobe pariétal en haut, et au lobe frontal en avant. Ces lobes constituent à la scissure de Sylvius trois *lèvres* ou *opercules*, l'*opercule inférieur* appartient au lobe temporal, l'*opercule supérieur* ou *rolandique* aux lobes frontal et pariétal, et l'*opercule antérieur* au lobe frontal.

C. — Conformation intérieure du cerveau

J'ai décrit d'une manière très complète la surface du cerveau dont je n'ai pas laissé un seul point inexploré, et les circonvolutions cérébrales, en faisant remarquer que ma démonstration a été faite sans le secours d'instruments tranchants.

Pour étudier la conformation intérieure, le couteau devient indispensable.

Depuis la face convexe du cerveau jusqu'au corps calleux, on ne rencontre que substance blanche centrale et substance grise périphérique.

Centre ovale de Vieussens. — Si l'on fait sur le cerveau, avec un long couteau, une coupe horizontale rasant la face supérieure du corps calleux, on obtient une surface ovale dont le corps calleux fait partie. On appelle cette surface *centre ovale de Vieussens*.

Centre ovale de Vicq d'Azyr. — Si les coupes horizontales sont faites au-dessus, les surfaces ovales obtenues portent le nom de *centre ovale de Vicq d'Azyr*. Ces expressions sont sans aucune utilité.

Si on divise le corps calleux, dans le centre ovale de Vieussens, de chaque côté de la ligne médiane, on rencontre deux cavités

symétriques, les *ventricules latéraux* auxquels le corps calleux forme une voûte. Mais sur la ligne médiane on constate que le corps calleux adhère en arrière au *trigone cérébral*, autre voûte située au-dessous de celle que forme le corps calleux. En avant, le corps calleux et le trigone sont unis par une membrane verticale, la *cloison transparente* ou *septum lucidum*. Si on enlève

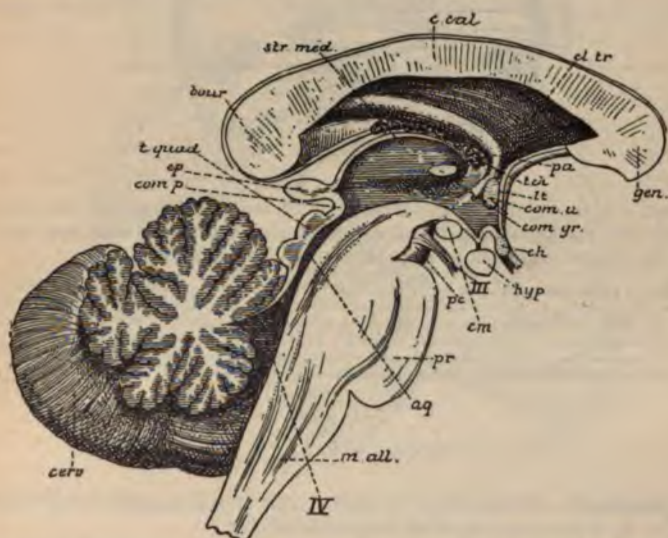


Fig. 515. — Coupe médiane du cervelet, du bulbe de la protubérance et de la base du cerveau, autrement dit du *tronc cérébral*.

m. all, moelle allongée (bulbe). — *pc*, pédoncule cérébral. — *hyp*, corps pituitaire (hypophyse). — *ép*, glande pinéale (épiphyse). — *lt*, lame terminale. — *tch*, toile choroïdienne. — *ch*, chiasma. — *str. méd.* stries médullaires, de la couche optique. — III, 3ᵉ paire. — IV, 4ᵉ ventricule.

le septum lucidum et le trigone ou si, incisant ce dernier en travers, on en renverse les deux moitiés en avant et en arrière, on trouve une *cavité médiane*, aplatie sur les côtés, le *troisième ventricule* entre les couches optiques. Plus bas, on trouve la *commissure grise de la base* de Henle qui sépare le troisième ventricule de la surface extérieure du cerveau. De chaque côté, le ventricule latéral, situé au-dessous du corps calleux, a pour paroi inférieure le *corps strié*, la *couche optique* et l... Les circonvolutions formant le *manteau*, ou *palli*... renversent en arrière des corps striés, d... du trigone, c'est-à-dire en arrière du cerv...

cerveau moyen, qu'elles enveloppent presque complètement, pour ainsi dire, sans contracter des adhérences avec les organes.



Fig. 516. — Coupe transversale et verticale du cerveau au niveau des ventricules. Cette figure, schématique, est destinée à montrer la situation respective de chaque ventricule et des cloisons qui les séparent.

1, scissure inter-hémisphérique. — 2, 2, coupe de la substance blanche des hémisphères. — 3, corps pituitaire. — 4, fibres transversales du corps calleux. — 5, coupe du trigone cérébral. — 6, 6, les deux ventricules latéraux séparés par le septum lucidum situé sur la ligne médiane. — 7, ventricule moyen. — 8, 8, plexus choroïdes des ventricules latéraux.
On voit encore dans cette figure la membrane ventriculaire représentée par une ligne ponctuée, et la toile choroïdienne au dessous du trigone cérébral.

CORPS CALLEUX

Préparation. — En préparant le centre ovale de Vieussens, on fait la préparation de la *face supérieure* du corps calleux.

On peut la préparer aussi par le procédé de Foville. Il consiste à écarter les hémisphères cérébraux jusqu'au corps calleux, puis à faire pénétrer les doigts dans les ventricules du corps calleux, à diviser avec le couteau les parties antérieures et postérieures, puis à renverser en dehors les circonvolutions.

Pour voir la *face inférieure*, il faut renverser le cerveau, ouvrir de bas en haut le ventricule moyen, détacher le trigone et écarter les couches optiques.

Le corps calleux est une large commissure unissant les hémisphères et les associant dans leur fonctionnement.

Le corps calleux a une longeur de 9 centimètres environ. Son épaisseur est de 3 à 4 millimètres ; il s'épaissit en arrière jusqu'au bourrelet où il mesure 9 millimètres et quelquefois plus.

Il a une face supérieure, une face inférieure, deux bords latéraux, une extrémité antérieure et une extrémité postérieure.

Face supérieure du corps calleux. — Elle offre sur la ligne médiane deux saillies linéaires, sensiblement parallèles, assez irrégulières et dirigées d'avant en arrière : ce sont les *tractus longitudinaux* du corps calleux, *tractus médians*, *strie longitu-*

dinale médiane, ou *nerfs de Lancisi* (fig. 519). De chaque côté de ces nerfs, on trouve des fibres transversales constituant les *tractus transversaux*.

De chaque côté des nerfs de Lancisi, la face supérieure du corps calleux est couverte par une lame très mince de substance grise, l'*induseum griseum*. Tout à fait en dehors, dans le sinus du corps calleux, on observe des fibres antéro-postérieures, *tractus latéraux*, *tænia tecta* ou *strie longitudinale latérale*.

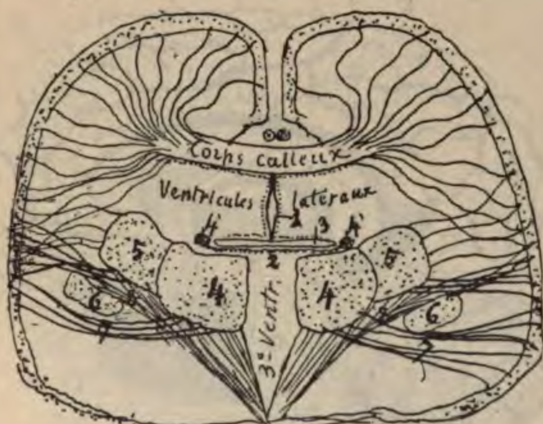


Fig. 517. — Coupe schématique, verticale et transversale du cerveau ; rapport des ventricules.

1, cloison transparente, sa couche épithéliale et ventricule de la cloison. — 2, toile choroïdienne entre le troisième ventricule et le trigone cérébral. — 3, 4, couche optique ou thalamus. — 5, noyau caudé, ou noyau intra-ventriculaire du corps strié. — 6, noyau lenticulaire ou noyau extra-ventriculaire du corps strié. — 7, fibres thalamo-corticales. — 8, capsule interne. On voit sur cette figure le corps calleux et les irradiations de ses fibres.

La face supérieure du corps calleux paraît plus large en arrière qu'en avant (deux centimètres en arrière, un et demi en avant).

Elle est en rapport : 1° avec la faux du cerveau qui arrive en arrière jusqu'au corps calleux sans le toucher ; 2° avec les sinus du corps calleux dans lequel on trouve l'*artère cérébrale antérieure*, parcourant d'avant en arrière la face interne des hémisphères. Le corps calleux est entouré par une circonvolution dont il est séparé par le sinus : c'est la *circonvolution du corps calleux*, *gyrus fornicatus* ou *première circonvolution limbique* (fig. 512).

Les nerfs de Lancisi passent en avant du *genou* du corps calleux et descendent jusqu'au *bec* où ils se séparent pour passer de

chaque côté de la lame terminale ; ils traversent la substance perforée antérieure sous le nom de *bandelette diagonale*, ou *pédoncules du corps calleux*, et vont se jeter dans la circonvolution de l'hippocampe. Ils commencent, en arrière, à la partie supérieure du corps godronné (Giacomini). Pour Luys, ils s'étendent du corps godronné à la partie inférieure du septum lucidum. Pour



Fig. 518. — Coupe médiane et verticale de l'encéphale. (On y voit la face interne de l'hémisphère gauche.)

1, circonvolution du corps calleux. — 2, bourrelet du corps calleux. — 3, trou de Monro. — 4, corps calleux. — 5, septum lucidum. — 6, trigone cérébral. — 7, commissure grise. — 8, commissure blanche postérieure. — 8', glande pinéale. — 9, substance grise du troisième ventricule. — 10, tubercules quadrijumeaux. — 11, quatrième ventricule. — 12, coupe de la protubérance. — 13, coupe du bulbe. — 14, nerf optique. — 15, corps pituitaire ou hypophyse. — 16, commissure blanche antérieure. — 17, arbre de vie du lobe médian du cervelet. — 18, cervelet. — 19, extrémité antérieure du lobe postérieur du cerveau.

Meynert, ils relient la circonvolution du corps calleux à la région de la corne d'Ammon. Conclusion : on ne connaît pas bien l'origine et la terminaison des nerfs de Lancisi.

De chaque côté des nerfs de Lancisi, une mince lamelle grise recouvre le corps calleux, *voile gris* ou *induseum griseum*. Son bord externe, se continuant avec la substance grise de la circonvolution du corps calleux, est appelé *strie longitudinale latérale*. Le voile gris se perd en avant dans le voisinage du pédoncule

du corps calleux ; en arrière, il contourne le bourrelet et il se continue avec le *fasciola cinerea* et le *faisceau denté*. Des traînées irrégulières *de cellules nerveuses* se rencontrent sur le trajet des nerfs de Lancisi.

Face inférieure du corps calleux. — Cette face, concave et lisse, forme la voûte des ventricules latéraux. Sur la ligne médiane, cette face adhère intimement au septum lucidum en avant et au trigone cérébral en arrière. Ces adhérences forment la limite du bord

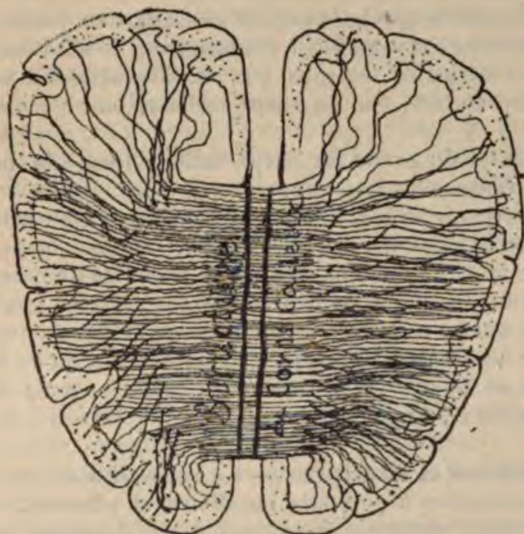


Fig. 519. — Structure du corps calleux. Nerfs de Lancisi. Fibres de la couronne rayonnante se mêlant à celles du corps calleux.

interne du ventricule latéral. De chaque côté de la ligne médiane cette face, beaucoup plus large que la face supérieure, forme la voûte complète des ventricules latéraux. Elle est recouverte par l'épendyme comme toutes les parois ventriculaires.

Bord postérieur ou bourrelet (*splenium corporis callosi*). — Le bourrelet est la partie la plus épaisse du corps calleux. Ce bord est dépourvu d'adhérences ; il est en rapport en bas avec les tubercules quadrijumaux, dont il est séparé par la partie moyenne de la fente cérébrale de Bichat.

Le bourrelet se renverse en bas et en avant et forme un

qui se confond avec la *lyre* ou *psaltérium*. On donne le nom de *ventricule de Verga* à une fente qui existe souvent entre la face inférieure du corps calleux et la lyre et qui communique de chaque côté avec les ventricules latéraux. Cette fente est très développée sur quelques animaux, cheval, mouton, etc.

Entre le bourrelet et les tubercules quadrijumaux, on trouve la base de la toile choroïdienne et la *glande pinéale*.

Bord antérieur ou genou (*genu corporis callosi*). — Le genou est arrondi et situé à 4 centimètres environ de l'extrémité antérieure du cerveau, tandis que le bourrelet est séparé de l'extrémité postérieure par un espace de 6 à 7 centimètres. Il s'infléchit en bas, ferme les ventricules latéraux par sa concavité et se termine par un bord aminci, *bec* du corps calleux, ou *rostrum corporis callosi*.

La concavité du genou du corps calleux forme la limite antérieure des ventricules latéraux.

Pour apercevoir le *bec*, il faut écarter les hémisphères à la partie antérieure de leur face inférieure, comme on le fait pour apercevoir la lame terminale et les pédoncules du corps calleux.

Au-dessous du genou, on peut suivre les nerfs de Lancisi qui se renversent en bas, comme le genou, pour descendre vers le bec. Là, le bec semble se bifurquer, et les deux nerfs de Lancisi se séparer et se porter en arrière et en dehors, pour former les *pédoncules du corps calleux*.

Bords latéraux et structure. — Le corps calleux est formé de fibres transversales à peu près parallèles et affectant à droite et à gauche toutes sortes de directions, en se dirigeant en bas, en haut, en avant, en arrière, et surtout en dehors (fig. 517). Les fibres du corps calleux établissent une communication entre les cellules nerveuses corticales des deux hémisphères, ce qui permet aux hémisphères cérébraux de fonctionner simultanément, l'influx nerveux passant facilement d'un hémisphère à l'autre.

Le corps calleux n'a pas de *bords*, si ce n'est des bords fictifs, puisque ses fibres se confondent latéralement avec celles des hémisphères. C'est donc compliquer à plaisir la description que de lui décrire des bords latéraux et des angles.

La direction des fibres du corps calleux explique pourquoi la face inférieure paraît beaucoup plus large que la face supérieure.

Aujourd'hui que la structure du corps calleux est connue, on ne peut plus considérer comme appartenant à cet organe les parois des prolongements des ventricules latéraux, de sorte que

les expressions de *forceps major* et de *tapetum*, données aux prolongements du corps calleux en arrière et au-dessous du ventricule latéral, n'ont plus leur raison d'être.

Vers les parties latérales, le corps calleux mêle ses fibres transversales à celles de la couronne rayonnante de Reil.

Règle générale, les fibres du corps calleux se rendent à des points symétriques des hémisphères (Meynert). Toutes les régions de la substance corticale du cerveau, même le *cuneus* a qui on les a contestées (Beevor), reçoivent des fibres du corps calleux excepté deux : la corne d'Ammon et la partie antérieure du lobe temporal. Les *cornes d'Ammon* ont une commissure propre, c'est la *lyre;* et les *lobes temporaux* sont unis à leur partie antérieure par la *commissure antérieure.*

La plupart des fibres du corps calleux sont des cylindraxes des cellules pyramidales de l'écorce grise ; elles se terminent du côté opposé par des arborisations terminales. Quelques-unes sont des branches collatérales, des fibres d'association ou de projection (voy. *Structure du cerveau*). Les fibres du corps calleux émettent aussi des collatérales qui vont aux cellules des circonvolutions, de sorte que la *sphère terminale* d'une fibre est plus large que la *sphère d'origine.*

Le corps calleux peut être frappé d'arrêt de développement total ou partiel. S'il est total, le septum lucidum manque également et le fond de la scissure inter-hémisphérique est formé alors par les couches optiques et la voûte du troisième ventricule, recouverte du feuillet conjonctival de la toile choroïdienne. Quelquefois le genou existe seul ; dans d'autres cas, c'est le bourrelet qui persiste.

Le corps calleux n'existe que chez les mammifères, mais il est incomplet dans les mammifères inférieurs. Ainsi les *marsupiaux* et les *monotrêmes* ne possèdent que le genou.

SEPTUM LUCIDUM OU CLOISON TRANSPARENTE

Préparation. — Incisez le corps calleux d'avant en arrière, près de la ligne médiane, vous ouvrez ainsi l'un des ventricules latéraux, Soulevez alors la lèvre externe de l'incision et enlevez toute la partie externe du corps calleux jusqu'à la partie externe du corps strié ; vous aurez ainsi une languette de substance nerveuse que vous renverserez en dehors, après l'avoir séparée de la cloison transparente. Faites la même opération du côté opposé, les deux ventricules latéraux se trouveront ouverts, et vous verrez sur leur paroi inférieure, de dehors en dedans, le corps strié, la couche optique, les plexus choroïdes et le trigone cérébral. Pour constater alors la transparence du septum lucidum, soulevez avec les pinces la languette médiane du corps calleux qui est restée entre les deux incisions et placez la cloison vertic[illegible]

jacente entre l'œil et une lumière ; vous constaterez la parfaite transparence de cette membrane.

· Il est facile de constater que le septum lucidum forme la paroi interne des ventricules latéraux et que cette membrane triangulaire s'attache au corps calleux par un *bord supérieur* convexe, au trigone cérébral par un *bord inférieur* concave, et au genou, ainsi qu'au bec du corps calleux, par un *bord antérieur* un peu arrondi. L'extrémité postérieure, la queue du septum lucidum, se prolonge en arrière, en s'effilant, entre le trigone et le corps calleux, jusqu'au point de fusion de ces derniers.

Quoique mince, cette membrane renferme une petite cavité close ; cette cavité est le *ventricule de la cloison* ou *cinquième ventricule*, ne communiquant pas avec les autres ventricules.

Pour le voir, vous enlèverez d'un coup de ciseaux, en allant d'arrière en avant, la partie médiane du corps calleux, et vous constaterez, à la partie antérieure du septum lucidum divisé, un écartement des deux lamelles qui le constituent.

Structure. — Les parois du ventricule de la cloison sont revêtues d'une couche mince de tissu conjonctif et non par un épithélium. Ce ventricule ne dépend pas de la cavité épendymaire primitive ; il est formé par un adossement sur elle-même de la paroi de la vésicule cérébrale primitive formant la scissure interhémisphérique. Autrement dit, c'est une portion de cette scissure séparée du reste par les fibres transversales du corps calleux.

De chaque côté du ventricule de la cloison existe une lamelle nerveuse formée d'une couche interne grise et d'une couche externe blanche. La *couche interne* est formée, comme la surface de la vésicule cérébrale, par des *cellules pyramidales* dont le sommet regarde la cavité du ventricule. La *couche externe* blanche reçoit du trigone le faisceau longitudinal dit *faisceau olfactif de la corne d'Ammon* de Zuckerkandl. Ces fibres s'irradient dans le septum lucidum d'où elles sortent en avant sous le nom de *pédoncules du septum lucidum*.

Ces pédoncules partent de l'angle antérieur du *septum lucidum*, passent en avant de la commissure antérieure et se confondent avec les nerfs de Lancisi pour former avec eux les *pédoncules du corps calleux*, ou *bandelettes diagonales* de Broca.

TRIGONE CÉRÉBRAL (*bandelette géminée de Reil*)

Préparation. — Pour le découvrir, vous enlèverez complètement le septum lucidum et, avec les ciseaux, la partie postérieure du corps calleux.

Vous apercevrez alors un triangle de couleur blanche, situé entre deux traînées brun rougeâtre, les plexus choroïdes. Ce triangle est le trigone, appelé aussi *voûte à trois piliers, voûte à quatre piliers, fornix.*

Vu en place, par sa face supérieure, le trigone paraît petit (fig. 520), et ses bords latéraux ne mesurent pas plus de 4 centimètres ; mais ses angles se prolongent tellement en avant

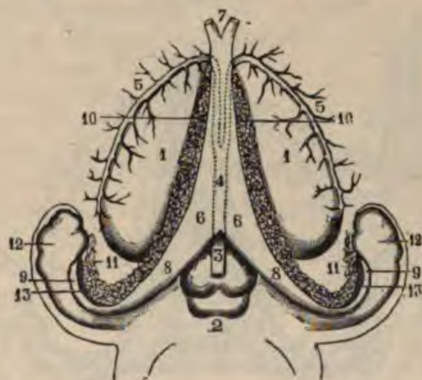


Fig. 520. — Face supérieure du trigone cérébral (figure schématique).

1, 1, les deux couches optiques (thalamus), sur lesquelles reposent le trigone, la toile choroïdienne et les plexus choroïdes. — 2, tubercules quadrijumeaux. — 3, terminaison de la veine de Galien dans le sinus droit. — 4, tronc de la veine de Galien vu à travers le trigone cérébral supposé transparent. — 5, 5, veine du corps strié, origine de la veine de Galien. — 6, 6, portion de la face postérieure du trigone faisant partie du plancher des ventricules latéraux. — 7, angle antérieur du trigone avec ses deux piliers divisés et portés en avant. — 8, 8, piliers postérieurs se portant vers la corne d'Ammon. — 8, 9, corps bordant, continuation du pilier postérieur. — 10, 10, partie antérieure des plexus choroïdes des ventricules latéraux. — 11, 11, partie postérieure ou inférieure des mêmes plexus, se continuant avec la pie-mère sur les parties latérales de la fente cérébrale de Bichat. — 12, 12, corne d'Ammon. — 13, 13, corps godronné suivant la direction du corps bordant.

et en arrière qu'on peut avancer que les bords latéraux de cette membrane offrent une longueur de 12 centimètres, de l'extrémité du pilier antérieur à l'extrémité du pilier postérieur du même côté (fig. 521).

Forme et situation. — Le trigone a la forme d'une voûte plus prononcée que celle du corps calleux. Il repose, d'une manière générale, sur les couches optiques et le ventricule moyen qu'il sépare du septum lucidum, du corps calleux et des ventricules latéraux. Le trigone, étant formé par deux bandelettes aplaties, dirigées d'avant en arrière et juxtaposées sur la ligne médiane, offre deux faces, deux bords et quatre angles, ou extrémités des deux bandelettes.

Face supérieure. — Sur la ligne médiane, elle donne insertion au bord inférieur du septum lucidum ; à sa partie postérieure, on voit la fusion du corps calleux et du trigone. De chaque côté de la ligne médiane, le trigone concourt à former la paroi inférieure des ventricules latéraux.

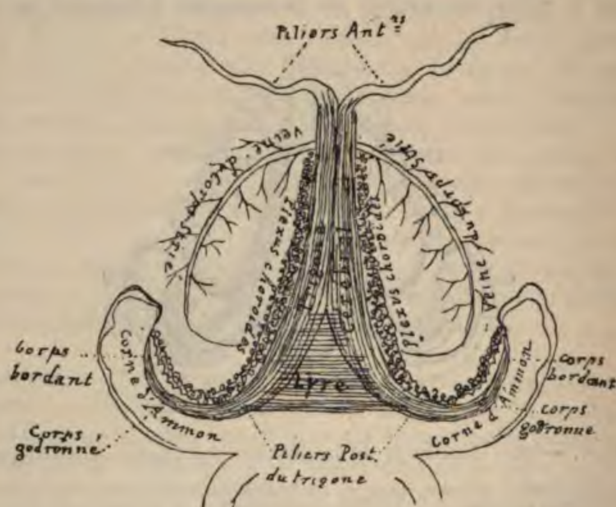


Fig. 521. — Trigone cérébral, plexus choroïdes. Les piliers antérieurs, supposés libres, sont rejetés en avant en dehors.

Face inférieure. — Sur une coupe antéro-postérieure, on voit qu'elle décrit une courbe ; elle recouvre la toile choroïdienne, et le ventricule moyen. De chaque côté, cette face repose sur le thalamus. Il n'y a aucune adhérence entre le trigone et la couche optique. Les vaisseaux de la toile choroïdienne se portent en partie dans le trigone, de sorte qu'on peut constater quelques adhérences entre cette membrane et la face inférieure.

Bords latéraux. — Ces bords sont minces et concaves en dehors. Ils sont situés dans le *sillon choroïdien* de la couche optique, et en rapport avec les plexus choroïdes qui les recouvrent un peu, de sorte qu'en refoulant les plexus du côté externe on donne à la face supérieure toute sa largeur. Les bords latéraux n'adhèrent pas à la substance nerveuse sous-jacente, mais ils sont un peu adhérents aux plexus choroïdes, car c'est de ceux-ci qu'ils reçoivent leurs vaisseaux.

Angle antérieur ou piliers antérieurs. — Les deux bandelettes constituant ce trigone se séparent en avant à angle aigu, et forment l'angle antérieur, ou *piliers antérieurs* du trigone (*columnæ fornicis*). Ce sont deux longs cordons blancs, arrondis, qui plongent en s'écartant dans la cavité du troisième ventricule. Après leur séparation, ils s'adossent à la face postérieure de la commissure blanche antérieure. L'ouverture triangulaire, formée par l'écartement des deux piliers et par la commissure antérieure, a reçu le nom inconvenant de *vulve*.

Chacun des piliers antérieurs, s'inclinant en bas, décrit une concavité postérieure qui forme, avec la partie déprimée de l'extrémité antérieure de la couche optique, une ouverture qui met en communication le troisième ventricule avec les ventricules latéraux : c'est le *trou de Monro*.

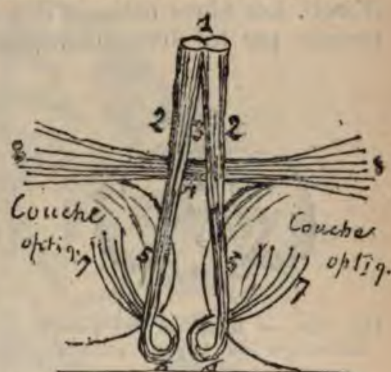


Fig. 522. — Piliers antérieurs du trigone. Commissure blanche et faisceau de Vicq d'Azyr.

1, piliers antérieurs. — 2, 2, piliers écartés. — 3, vulve. — 4, commissure blanche. — 5, 5, les piliers descendent dans la couche optique et se rendent aux tubercules mamillaires. — 6, tubercules mamillaires. — 7, 7, faisceau de Vicq d'Azyr. — 8, 8, fibres épanouies de la commissure blanche antérieure.

Après avoir formé les trous de Monro et la vulve, les piliers antérieurs se portent en arrière et en dehors, cheminent dans la couche superficielle du thalamus et atteignent les tubercules mamillaires, dont ils forment l'écorce blanche, du côté externe et postérieur; puis ils se terminent, selon Gudden, dans les cellules du noyau gris de ces tubercules.

Forel et Gudden ont montré que les piliers antérieurs du trigone s'arrêtent là et que la torsion de ces piliers dans les tubercules mamillaires n'existe pas (voy. *Tubercules mamillaires*).

Le faisceau 8 de la figure 523, qui paraît continuer le pilier antérieur 6, au niveau du tubercule mamillaire 7, est un faisceau particulier, le *faisceau* de Vicq d'Azyr.

Angle postérieur ou piliers postérieurs. — Les deux bandelettes qui forment le trigone se séparent en arrière, com se sont séparées en avant, à angle obtus, et se portent e. et en dehors.

A l'angle de séparation des deux piliers postéri

une adhérence entre le trigone et le corps calleux. Il existe là un espace triangulaire limité en arrière par le bourrelet du corps calleux, de chaque côté par les piliers postérieurs, et en avant par l'angle même de séparation des deux bandelettes. On appelle ce triangle *psaltérium* ou *lyre de David*. Dans l'aire de ce triangle on voit les fibres transversales du corps calleux et le *faisceau commissural* des deux cornes d'Ammon qui font partie du trigone (Forel). Les fibres obliques de la lyre, situées sur les côtés, sont formées par les fibres du trigone. C'est au niveau de la lyre, au



Fig. 523. — Rapports des piliers antérieurs du trigone avec les couches optiques.

1, couche optique. — 2, section des piliers antérieurs. — 3, vulve. — 4, commissure antérieure. — 5, troisième ventricule. — 6, piliers antérieurs contre la couche optique. — 7, tubercules mamillaires. — 8, faisceau de Vicq d'Azyr.



Fig. 524. — Trou de Monro.

1, couche optique. — 2, courbe décrite par le pilier antérieur du trigone au-devant de la couche optique. — 3, pilier se dirigeant en bas et en arrière dans la couche optique. — 4, tubercule mamillaire et faisceau de Vicq d'Azyr. — 5, trou de Monro.

point de fusion du trigone et du corps calleux, qu'on trouve le *ventricule de Verga* quand il existe.

On comprend que la lyre est en rapport en bas avec la base de la toile choroïdienne, la partie postérieure de la couche optique, la glande pinéale et les tubercules quadrijumeaux antérieurs ; elle concourt à former la lèvre supérieure de la fente cérébrale de Bichat.

Les *piliers postérieurs* du trigone, après leur séparation, ont la forme de deux rubans blancs qui contournent l'extrémité postérieure du thalamus, autrement dit le *pulvinar*, sur laquelle ils glissent.

Le pilier postérieur pénètre dans le prolongement sphénoïdal du ventricule latéral et se divise en deux branches, interne et externe. La *branche externe* se confond avec l'*alveus*, couche blanche intra-ventriculaire de la corne d'Ammon. La *branche interne* est située sur le bord interne, ou concave, de la corne d'Ammon qu'elle accompagne sous le nom de *corps bor-*

dant (1). Le corps bordant adhère à la corne d'Ammon par son bord externe, et il est libre par son bord interne concave, qu'on peut soulever pour apercevoir la circonvolution godronnée.

L'extrémité du corps bordant n'atteint pas l'extrémité de la corne d'Ammon, elle s'arrête au commencement des digitations de la corne.

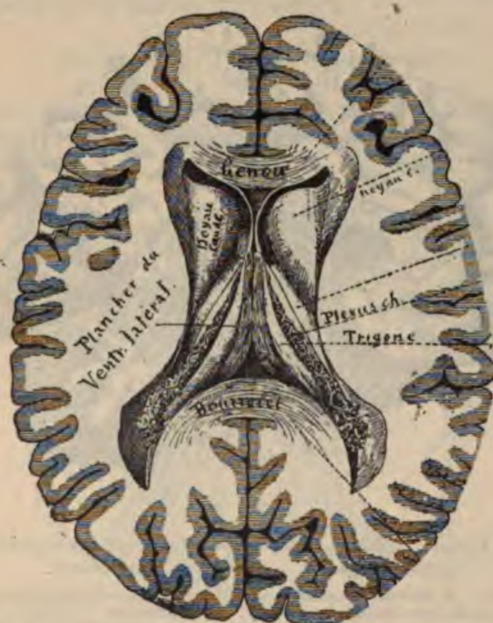


Fig. 525. — Coupe horizontale du cerveau passant au-dessous du corps calleux. On y voit la coupe du genou et du bourrelet du corps calleux et le plancher du ventricule latéral (d'après Van Gehuchten).

On remarque sur la face supérieure du corps bordant, près de son bord externe, la *crête épendymaire* sur laquelle se fixe la lame épithéliale qui recouvre les plexus choroïdes des ventricules latéraux et qui ferme le prolongement sphénoïdal du ventricule latéral. La crête épendymaire, à la partie inférieure du corps bordant, passe sur son bord interne, de sorte que l'extrémité et le bord externe du corps bordant sont dans le ventricule latéral, tandis que la partie interne de la face antérieure est extra-ventriculaire.

(1) Synonymes : *corps bordé, fimbria, bandelette de l'hippocampe, l[illegible] l'hippocampe, corps frangé.*

Structure. — Le trigone renferme des fibres longitudinales et quelques fibres transversales. Les fibres *longitudinales* mettent en communication les tubercules mamillaires avec la corne d'Ammon et la circonvolution de l'hippocampe. Quelques fibres se réunissent aux pédoncules du septum lucidum pour se rendre à la substance perforée antérieure. Les fibres *transversales* forment le *faisceau*



Fig. 526. — Coupe médiane antéro-postérieure de l'encéphale. Tracé de figures suivantes (d'aprés Van Gehuchten).

1, sixième paire. — 2, tubercules mamillaires. — 3, corps pituitaire (hypophyse). — 4, chiasma. — 5, arbre de vie du lobe médian du cervelet. — 6, quatrième ventricule. — 7, tubercules quadrijumeaux antérieurs. — 8, tubercules quadrijumeaux postérieurs. — 9, valvule de Vieussens. — 10, circonvolution du corps calleux. — 11, 12, 13, lobule paracentral et commencement de la scissure de Rolando. — 14, cloison transparente (septum lucidum). — 15, trigone. — 16, commissure blanche antérieure. — 17, commissure grise. — 18, sillon de Monro. — 19, habenula. — 20, plexus choroïdes des ventricules latéraux. — 21, scissure calcarine. — 22, 23, cuneus. — 24, términaison de la scissure calloso-marginale séparant le lobe paracentral du lobe quadrilatère. — 25, lobe olfactif.

commissural, ou *transverse*, de Forel, reliant les cornes d'Ammon.

— J'ai décrit le corps calleux, le septum lucidum et le trigone cérébral. Ces parties étant enlevées, nous trouvons les ventricules latéraux sur les côtés et le troisième ventricule au milieu, entre les couches optiques. Il ne me paraît pas indiqué de décrire ici les ventricules, parce que nous rencontrerons encore des parties qui nous sont inconnues. On trouvera leur description plus loin.

Je reviens à la base du cerveau, vers les pédoncules cérébraux, qui ont été décrits avec le *cerveau moyen*.

Nous avons vu que les pédoncules cérébraux ont un plan infé-

rieur, ou *pied*, et un plan supérieur, ou *calotte*, recouvert par les tubercules quadrijumeaux. En pénétrant dans le cerveau, les pédoncules cérébraux s'aplatissent, passent au-dessous du thalamus (couche optique) et ensuite dans l'épaisseur des corps striés. Je commence par la couche optique, je décrirai ensuite le corps strié, les parties situées entre la couche optique et le corps strié, et je terminerai par les ventricules.

COUCHES OPTIQUES (*thalamus*).

Les couches optiques sont deux masses de substance grise peu foncée, de forme ovoïde, situées sur la face supérieure des pédon-



Fig. 527. — Face supérieure de la couche optique et ses rapports.

cules cérébraux, dont ils reçoivent des fibres. Ces renflements, véritables ganglions nerveux, ont à peu près le volume d'un œuf de pigeon.

On aperçoit les couches optiques en ouvrant les ventricules latéraux. En raison de leurs rapports intimes avec les corps striés on désigne les deux masses nerveuses sous un nom commun : *corps opto-striés* ou *ganglions de la base du cerveau.*

Les couches optiques sont obliques d'avant en arrière et de dedans en dehors. Elles ont quatre faces et deux extrémités.

Face supérieure. — Cette face, convexe, est recouverte dans sa moitié interne par les plexus choroïdes des ventricules latéraux

par la toile choroïdienne, qui la sépare du trigone cérébral. Dans sa moitié externe, elle concourt à former la paroi inférieure du ventricule latéral.

A la partie antérieure de cette face, on voit le *tubercule antérieur* de la couche optique, *corpus album sub-rotundum* de Vieussens, dans lequel viennent s'épuiser les fibres divergentes du faisceau de Vicq d'Azyr.

Fig. 528. — Fibres des pédoncules cérébraux passant sous la couche optique. Centres de Luys.

1, 1, pédoncules cérébelleux supérieurs. — 2, 2, étage supérieur des pédoncules cérébraux. — 3, commissure grise. — 4, commissure blanche antérieure. — 5, 5, coupe des piliers antérieurs du trigone. — 6, Vulve. — 7, trou de Monro.

La couche optique doit sa couleur café au lait à une mince couche de fibres blanches qui la recouvre : *stratum zonale*. La face supérieure est divisée en deux parties par le *sillon choroïdien*, en rapport avec les plexus choroïdes des ventricules latéraux. Ce sillon étendu, de l'extrémité antérieure à l'extrémité postérieure de la couche optique, correspond au point d'union du cerveau antérieur et du cerveau intermédiaire ; il divise la couche optique en deux parties : l'une externe formant paroi inférieure du ventricule latéral et recouverte par la membrane épendymaire ; l'autre interne, dépourvue d'épendyme, et recouverte par la toile choroïdienne et le trigone cérébral.

A la partie postérieure de cette face, en dedans du sillon choroïdien, on trouve le *tubercule postérieur* de la couche optique, ou *pulvinar*, qui forme en arrière l'extrémité postérieure de la couche optique.

A la partie la plus interne de cette face, on trouve un triangle allongé d'avant en arrière, c'est le *triangle de l'habenula* (un centimètre d'avant en arrière, trois millimètres de dedans en dehors). Les limites de ce triangle sont : en dehors, la couche optique ; en dedans, le pédoncule antérieur de la glande pinéale, *habena* ou *tænia thalami* ; en arrière, un sillon qui le sépare du tubercule quadrijumeau antérieur.

En arrière du triangle de l'habenula, on voit une petite masse de substance grise, au-dessous de l'origine du pédoncule antérieur ou habena ; c'est le noyau ou *ganglion de l'habenula*, ganglion triangulaire, à sommet inférieur.

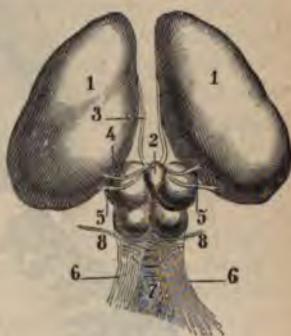


Fig. 529. — Couches optiques isolées avec la glande pinéale et les tubercules quadrijumeaux.

1, 1, couches optiques. — 2, ventricule moyen. — 3, pédoncule antérieur de la glande pinéale. — 4, pédoncule moyen. — 5, 5, pédoncule postérieur — 6, 6 pédoncules cérébelleux supérieurs. — 7, valvule de Vieussens. — 8, 8, origine du nerf pathétique.

Face inférieure — La face inférieure du thalamus est plus large en arrière ; elle adhère en avant à la *substance innominée* de Reichert, en arrière elle est en rapport avec la *région sous-thalamique* de Forel, dont la sépare le *champ de Forel*, et plus en arrière elle est libre et présente les corps genouillés (pour la région sous-thalamique, voy. *Structure du cerveau*).

Substance innominée de Reichert. — Reichert a donné le nom de substance innominée à une zone de substance grise mêlée de fibres transversales limitant le pédoncule cérébral en avant et au-dessous de la couche optique.

Face interne. — Dans ses deux tiers antérieurs, la face interne de la couche optique forme la paroi du ventricule moyen. Dans son tiers postérieur, elle est en rapport avec les tubercules quadrijumeaux.

Entre la face supérieure et la face interne de la couche optique, on voit une légère saillie antéro-postérieure, véritable crête de couleur blanche qui borde l'ouverture du ventricule moyen. C
le pédoncule antérieur de la glande pinéale, *habena* ou
lami, qui se termine en avant dans le pilier antérieur

en formant, avec l'extrémité antérieure de la couche optique, le *trou de Monro.*

Vers la partie moyenne de la face interne de la couche optique, on voit un sillon peu profond, le *sillon de Monro*, étendu du trou

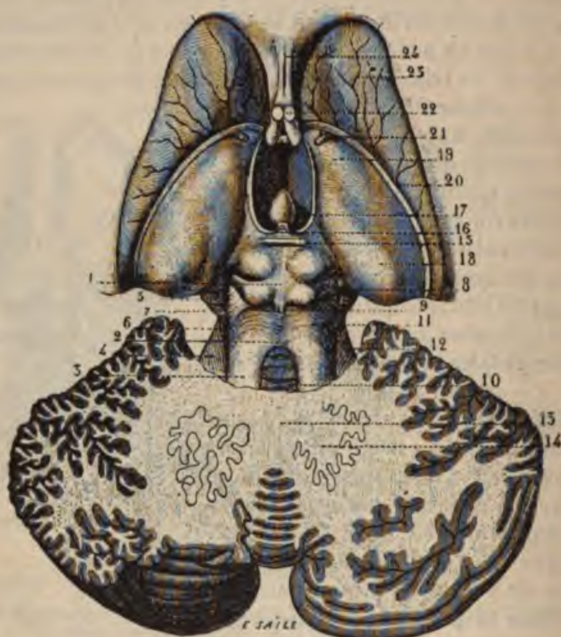


Fig. 530. — Face supérieure du cerveau intermédiaire, du cerveau moyen et du cerveau postérieur. Le cervelet a été coupé horizontalement en rasant les pédoncules cérébelleux supérieurs.

1, les quatre tubercules quadrijumeaux. — 2, sommet de la valvule de Vieussens. — 3, pédoncule cérébelleux supérieur. — 4, 12, pédoncule cérébelleux moyen. — 5, pulvissar. — 6, sillon latéral de la protubérance. — 7, faisceau triangulaire du ruban de Reil. — 8, bras du tubercule quadrijumeau postérieur. — 9, frein de la valvule de Vieussens. — 10, valvule de Vieussens. — 11, fibres du ruban de Reil embrassant le pédoncule cérébelleux supérieur et faisant suite aux faisceaux cérébelleux de la moelle. — 13, substance blanche du cervelet. — 14, olive cérébelleuse. — 15, commissure postérieure. — 16, pédoncule antérieur de la glande pinéale. — 17, corps pinéal. — 18, extrémité postérieure de la couche optique. — 19, tubercule antérieur de la couche optique. — 20, sillon opto-strié. — 21, coupe de la veine du corps strié au moment où elle va former la veine de Galien. — 22, piliers antérieurs du trigone cérébral. — 23, noyau caudé. — 24, ventricule de la cloison.

de Monro à l'aqueduc de Sylvius, et séparant la couche optique, *épithalamus*, de la région sous-thalamique, ou sous-optique, *hypothalamus*. Le sillon de Monro est dirigé d'avant en arrière.

Vers le milieu de la face interne, se trouve la commissure grise, substance grise unissant les deux couches optiques. En avant,

on peut constater que le pilier antérieur du trigone pénètre dans l'épaisseur de la couche optique et se dirige vers les tubercules mamillaires.

Face externe. — Cette face, convexe, est en rapport avec la capsule interne. De toutes les régions de l'écorce cérébrale des fibres convergent vers la couche optique, *fibres cortico-thalamiques*, formant la *couronne rayonnante de Reil* (fig. 542).

Ces fibres nombreuses forment plusieurs faisceaux. Celles qui viennent des circonvolutions frontales constituent le *pédoncule antérieur*, qui se jette dans la partie antérieure du thalamus.

Le *pédoncule moyen*, ou *inférieur*, le plus large, se rend à la face interne et inférieure ; ses fibres viennent des circonvolutions pariétales principalement, et un peu du lobe de l'insula, des frontales et des temporales ; il contribue à la formation de l'*anse pédonculaire* de Gratiolet.

Le *pédoncule postérieur*, qui vient des circonvolutions occipitales, se rend à la partie postérieure et externe de la couche optique, les plus supérieures formant le *stratum zonale*. Les fibres du pédoncule postérieur étaient appelées *radiations optiques* par Gratiolet.

Arrivées à la couche optique, les fibres des pédoncules s'entrecroisent et forment un réseau rempli de substance grise, d'où le nom de *zone réticulée* (Arnold). De la zone réticulée les fibres se portent en dedans et forment les *fibres radiées* de la couche optique.

Extrémité antérieure. — Un intervalle de deux millimètres environ la sépare de celle du côté opposé. Elle est située en arrière de la commissure blanche antérieure et du pilier antérieur du trigone. Elle présente une légère dépression à concavité antérieure, qui forme le *trou de Monro*, avec la concavité postérieure du pilier antérieur. Le pédoncule antérieur de la glande pinéale descend le long de cette concavité, pour se jeter dans le pilier au-dessous du trou de Monro (fig. 525).

L'extrémité antérieure du noyau caudé dépasse la partie antérieure de la couche optique, qu'elle coiffe, pour ainsi dire.

Extrémité postérieure. — Plus volumineuse que l'antérieure, elle est séparée de celle du côté opposé par les tubercules quadrijumeaux. Elle forme le *pulvinar*, avec le tubercule postérieur signalé sur la face supérieure. Cette extrémité, complètement lisse, présente sur sa partie inférieure les deux corps genouillés. Elle est contournée par le prolongement sphénoïdal du ventricule

latéral, dont les corps genouillés, la bandelette optique et la face inférieure du pédoncule cérébral forment la paroi supérieure. Ceci revient à dire que cette extrémité est embrassée par la paroi inférieure de ce prolongement, c'est-à-dire par la corne d'Ammon, le corps bordé et le corps godronné.

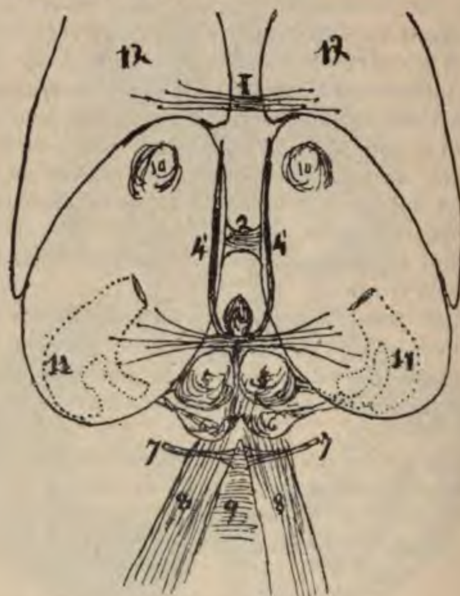


Fig. 531. — Couches optiques, rapports.

1, commissure blanche antérieure. — 2, commissure grise. — 3, commissure blanche postérieure. — 4, glande pinéale renversée en avant. — 4', 4', pédoncules antérieurs de la glande pinéale. — 5, 5, tubercules quadrijumeaux antérieurs. — 6, 6, tubercules postérieurs. — 7, 7, nerfs pathétiques. — 8, 8, pédoncules cérébelleux supérieurs. — 9, valvule de Vieussens. — 10, 10, tubercule antérieur de la couche optique. — 11, 11, corps genouillés vus par transparence. — 12, 12, noyau caudé.

Corps genouillés. — Pour les étudier, vous renverserez les couches optiques. Vous verrez alors deux petits renflements courbes, à concavité interne et antérieure, dont l'interne est beaucoup plus petit que l'externe. Vous verrez en même temps partir de chacun des corps genouillés un faisceau de fibres se condensant pour donner naissance à la *bandelette optique*. Le corps genouillé externe fournit le faisceau appelé *racine externe* de la bandelette optique, l'interne donne la *racine interne* ou *commissure de Gudden*. La bandelette optique, passant à la surface des pédoncules cérébraux, auxquels elle adhère, se confond avec celle du côté opposé pour former le chiasma (fig. 533).

En regardant les corps genouillés par derrière, vous verrez deux

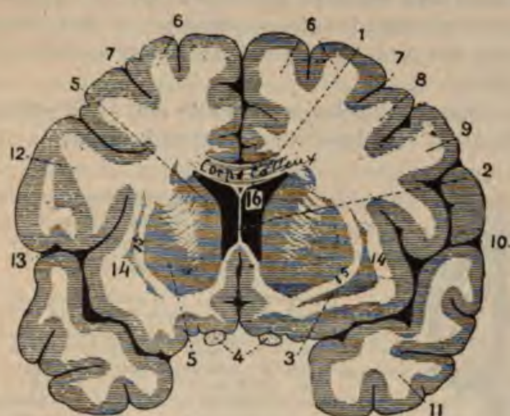


Fig. 532. — Coupe vertico-transversale du cerveau à travers la partie antérieure du noyau lenticulaire et la partie antérieure de la cloison transparente (d'après Van Gehuchten).

1, corps calleux. — 2, septum lucidum. — 3, avant-mur. — 4, nerfs optiques. — 5, noyau caudé. — 6, circonvolution frontale supérieure. — 7, sillon frontal supérieur. — 8, deuxième circonvolution frontale. — 9, troisième circonvolution frontale droite. — 10, scissure de Sylvius. — 11, lobe temporal. — 12, troisième circonvolution frontale gauche. — 13, scissure de Sylvius à gauche. — 14, capsule externe. — 15, capsule interne. — 16, ventricule latéral.

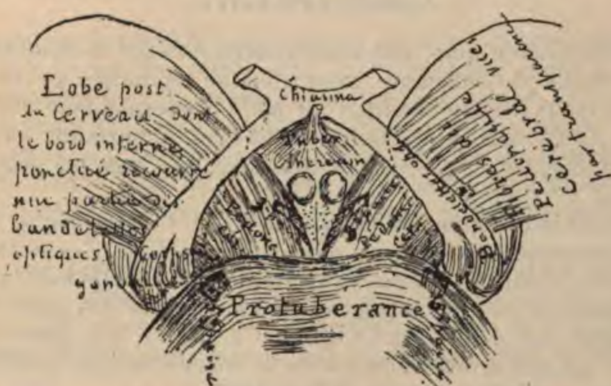


Fig. 533. — Bandelettes optiques, corps genouillés, losange opto-pédonculaire. On aperçoit l'extrémité postérieure de la couche optique et les corps genouillés.

gros faisceaux de fibres nerveuses établir une communication entre les corps genouillés et les tubercules quadrijumeaux ; ce

sont les *bras des tubercules quadrijumeaux;* le tubercule antérieur envoie son bras au corps genouillé externe, le postérieur au corps genouillé interne. Pour s'en souvenir, il faut se rappeler la première lettre des mots antérieur, externe, postérieur, et interne, ce qui fait AEPI.

Les deux corps genouillés sont réunis par le *faisceau intergenouillé* de Rauber, visible seulement chez le fœtus.

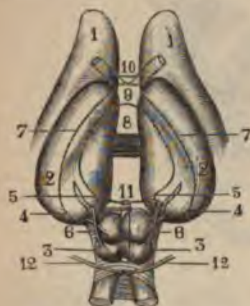


Fig. 534. — Couches optiques et ventricule moyen, vus par en haut. On aperçoit, par transparence, les corps genouillés et les bandelettes optiques situées au-dessous.

1, corps striés. — 2, 2, couches optiques. — 3, 3, tubercules quadrijumeaux postérieurs. — 4, 4, corps genouillé externe ; il est ponctué, parce qu'on le suppose vu par transparence. — 5, 5, corps genouillé interne ; on voit le faisceau qui s'étend des tubercules quadrijumeaux aux corps genouillés. — 6, 6, ruban de Reil. — 7, 7, bandelette optique vue à travers les couches optiques. — 8, commissure molle ou grise. — 9, chiasma. — 10, commissure blanche antérieure. — 11, commissure blanche postérieure et partie antérieure de l'aqueduc de Sylvius.

Il résulte de cette disposition que l'appareil optique, composé du chiasma, des bandelettes optiques, des corps genouillés et des tubercules quadrijumeaux, décrit une circonférence complète autour des pédoncules cérébraux.

COMMISSURE GRISE

Les couches optiques sont reliées entre elles par la commissure grise, traînée de substance grise étendue du milieu de la face interne de la couche optique au point correspondant du côté opposé. Cette commissure doit être fort peu importante, car elle manque, d'après ce que j'ai pu constater, sur près du tiers des sujets.

La commissure grise est formée de cellules de névroglie et de fibres nerveuses qui ont une disposition spéciale. Ces dernières partent de la couche optique et arrivent vers la partie moyenne de la commissure où elles rétrogradent pour former des anses ; elles ne passent pas d'une couche optique à l'autre. Les anses de la couche optique droite et celles de la couche optique gauche se regardent par leur convexité (Viller, 1887).

La surface de la commissure grise est recouverte par l'épendyme.

CORPS STRIÉS

Le corps strié est une grosse masse de substance nerveuse, située en avant et en dehors de la couche optique, et faisant saillie

dans le ventricule latéral, sous le nom de *noyau caudé*. Le corps strié se prolonge en bas jusqu'à la *substance perforée antérieure*, et en dehors, jusqu'au lobe de l'insula ou *lobule du corps strié*.

Le nom de *corps strié* (corpora striata) a été donné par Vieussens, mais il désignait sous ce nom l'ensemble du corps strié, de la couche optique et une partie des pédoncules cérébraux.

Depuis Burdach, on désigne sous le nom de *corps opto-strié* la réunion de la couche optique et du corps strié, la couche optique formant la masse grise située à la partie supérieure du pédoncule cérébral, le corps strié comprenant la grande masse grise située en dehors de la couche optique et des faisceaux blancs qui la traversent.

Je diviserai le corps strié en plusieurs parties qui sont, de haut en bas : 1° une couche grise superficielle épaisse, visible dans le ventricule latéral, *noyau caudé ;* 2° une autre couche grise séparée de la précédente par des faisceaux de fibres blanches, *noyau lenticulaire ;* 3° une troisième couche grise, mince, située plus profondément, l'*avant-mur ;* 4° trois lames de substance blanche enveloppant incomplètement le noyau lenticulaire et l'avant-mur, et désignées sous les noms de *capsule interne*, entre le noyau caudé et le noyau lenticulaire, de *capsule externe*, entre ce dernier et l'avant-mur, et de *capsule extrême*, entre l'avant-mur et le lobe de l'insula.

1° *Noyau caudé.*

Quand on a enlevé le corps calleux et ouvert le ventricule latéral, on aperçoit une saillie d'un gris très foncé, ayant la forme d'une virgule dont la concavité, dirigée en dedans, embrasse la face externe de la couche optique ; c'est le *noyau caudé*, appelé encore *noyau intra-ventriculaire* du corps strié. Le nom de noyau caudé a été donné par Reil (*nucleus caudatus*). Longueur moyenne : 6 centimètres ; largeur la plus grande en avant ; 18 millimètres (fig. 530).

La *face supérieure* du noyau caudé fait partie du plancher du ventricule latéral ; elle est recouverte par la membrane épendymaire. Elle devient étroite en arrière, *queue*, et elle présente quelques ramuscules veineux qui se dirigent vers la veine du corps strié.

La *face inférieure*, concave d'avant en arrière, convexe de dehors en dedans, est en rapport avec la *capsule interne* qui la sépare du noyau lenticulaire. Elle est unie au noyau lenticulaire par des travées de substance grise qui passent entre les faisceaux de capsule interne.

Le *bord interne*, concave, est en rapport avec la face externe du

thalamus. Le *sillon opto-strié* se voit à l'union du noyau caudé et de la couche optique. La lame cornée, la veine du corps strié, et le tænia semi-circularis se trouvent dans ce sillon.

Le *bord externe* légèrement concave s'unit au corps calleux pour former le bord externe du ventricule latéral.

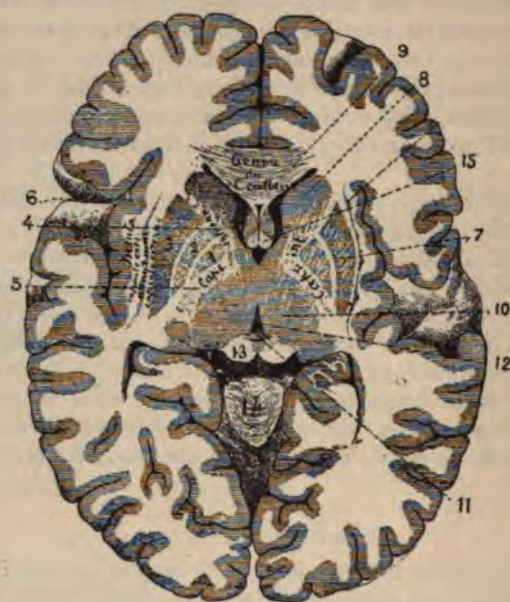


Fig. 535. — Coupe horizontale du cerveau à travers les couches optiques et les corps striés. On voit les capsules, et à gauche les trois segments du noyau lenticulaire (d'après Van Gehuchten).

1, 2, 2, les trois segments du corps strié. — 4, segment antérieur de la capsule interne. — 5, segment postérieur de la capsule interne. — 6, scissure de Sylvius. — 7, noyau lenticulaire. 8, tête du noyau caudé. — 9, genou du corps calleux. — 10, couche optique. — 11, commissure blanche postérieure. — 12, troisième ventricule. — 13, tubercules quadrijumeaux antérieurs. — 14, partie médiane et supérieure du cervelet.

L'*extrémité antérieure*, *tête*, du noyau caudé, est située en avant de la couche optique, contre le septum lucidum, qui la sépare de celle du côté opposé. Elle est située dans la concavité du genou du corps calleux, qui ferme le ventricule latéral en avant. Au-dessous de la tête du noyau caudé, on trouve la substance perforée antérieure.

La tête du noyau caudé fait une légère saillie dans la *substance perforée antérieure*, en arrière de la *fissura prima* de His, et en avant de la *bandelette diagonale* de Broca. On donne à cette saillie

le nom de *colliculus* du noyau caudé. A la partie antérieure de la capsule interne, le noyau caudé se confond avec l'extrémité antérieure du noyau lenticulaire, qui se trouve un peu en arrière.

L'*extrémité postérieure*, *queue*, du noyau caudé, s'amincit graduellement et contourne le côté externe et postérieur de la couche optique pour passer au-dessous du pédoncule cérébral et concourir à la formation de la voûte du prolongement sphénoïdal du ventricule latéral, en dehors de la bandelette optique, de la lame cornée et du tænia semi-circularis. Elle arrive au contact du *noyau amygdalien*.



Fig. 536. — Coupe vertico-transversale du cerveau, passant par les trous de Monro, en arrière de la commissure blanche antérieure (d'après Van Gehuchten).

1, corps calleux. — 2, segment antérieur de la capsule interne. — 3, genou de la capsule interne. — 4, segment postérieur de la capsule interne. — 5, segment interne du noyau lenticulaire. — 6, segment moyen. — 7, segment externe. — 8, capsule extrême. — 9, avant-mur entre la capsule externe et la capsule extrême. — 10, noyau lenticulaire. — 11, premier sillon frontal. — 12, deuxième circonvolution frontale. — 13, circonvolutions pariétales. — 14, circonvolution frontale inférieure. — 15, premier sillon temporal. — 16, deuxième sillon temporal. — 17, troisième sillon temporal. — 18, bandelettes optiques. — 19, coupe des piliers antérieurs du trigone. — 20, quatrième sillon temporal. — 21, circonvolution frontale supérieure. — 22, première circonvolution frontale. — 23, noyau caudé. — 25, deuxième sillon frontal.

2° *Noyau lenticulaire.*

Ce noyau, appelé aussi *noyau extra-ventriculaire* du corps strié, situé entre le lobe de l'insula et le noyau caudé, dont il est séparé par la capsule interne, a la forme d'un coin à sommet interne, situé au-dessous et un peu en dehors du noyau caudé. Le noyau caudé le déborde en avant et en arrière. Il est donc plus court et mesure 5 centimètres en long. Il a, dans une coup

antéro-postérieure, la forme d'une lentille bi-convexe et celle d'un coin à base externe dans une coupe transversale (fig. 532).

On doit lui considérer trois *faces* et trois bords.

La *face externe*, légèrement convexe, est accolée à la capsule externe dont elle peut être facilement séparée. Elle forme la base du cône que montrent les coupes transversales. Comme elle n'adhère pas à cette capsule et qu'elle est sillonnée par de nombreux vaisseaux ayant traversé la substance perforée antérieure (vaisseaux lenticulo-striés et lenticulo-optiques), on comprend qu'il puisse se former un épanchement sanguin, cas assez fréquent,

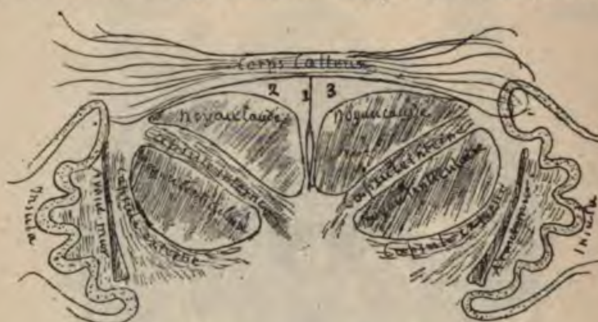


Fig. 537. — Coupe transverso-verticale des noyaux caudé et lenticulaire, de la capsule interne et du lobule de l'insula.

1, septum lucidum. — 2, 3, ventricules latéraux.

entre le noyau lenticulaire et la capsule externe dans les hémorragies de ces vaisseaux (1).

La *face interne*, et mieux *supéro-interne*, convexe également, est en rapport avec la capsule interne. Elle est reliée au noyau caudé par des tractus de substance grise qui passent entre les faisceaux de la capsule interne. Tout à fait en avant, elle se confond avec la tête du noyau caudé.

La *face inférieure*, dans sa partie antérieure, présente une gouttière qui loge la commissure blanche antérieure. Elle est aussi en rapport avec l'avant-mur, dont la sépare la capsule externe, et avec la substance perforée antérieure dont elle est séparée par la *substance innominée de Reichert*. Un faisceau blanc, venu du seg-

(1) Les épanchements sanguins proviennent de la rupture des vaisseaux artériels, atteints de périartérite ou d'endartérite, dans la plupart des cas. Ils constituent l'hémorragie cérébrale, l'apoplexie. Si l'épanchement est considérable, il déchire la substance blanche du cerveau et il peut produire la mort subite. S'il est moindre il donne lieu à une hémiplégie du côté opposé, hémiplégie dont les symptômes peuvent varier selon les fibres lésées.

ment externe du pied du pédoncule, le *faisceau de Türck*, sépare la partie postérieure du noyau lenticulaire de la queue réfléchie du noyau caudé qui est en dessous, ainsi que la bandelette optique. Plus loin, en dehors du colliculus du noyau caudé, la tête du noyau lenticulaire est en rapport avec l'écorce du *pli falciforme* de Broca et les fibres les plus inférieures de la capsule externe.

Bords supérieur et inférieur. — Ils forment la limite des faces supérieure et inférieure. Ils se réunissent en avant et en arrière du noyau lenticulaire. Le *faisceau arciforme* passe sur le bord supérieur.

Bord interne. — Pour voir ce bord interne, fort important, il faut faire des coupes horizontales du noyau lenticulaire. Ce bord présente une saillie, un angle vers sa partie moyenne. Cet angle correspond au *genou* de la capsule interne (fig. 535, 4), genou qui divise la capsule interne en deux parties, l'une antérieure ou *segment antérieur de la capsule interne*, l'autre postérieure ou *segment postérieur* (fig. 535, 5).



Fig. 538. — Coupe de Flechsig. Cette coupe est faite horizontalement, de dehors en dedans, un peu au-dessus de la scissure de Sylvius (Richer).

a, segment antérieur de la capsule interne. — *b*, genou de la capsule. — *c*, segment postérieur de la capsule. — 1, 5, 6, noyau caudé. — 2, noyau lenticulaire. — 3, avant-mur. — 4, capsule externe. — 5, couche optique.

Les divers segments du noyau lenticulaire. — Deux lames de substance blanche traversent le noyau lenticulaire de dedans en dehors et le divisent en trois *segments concentriques*, interne, moyen et externe (fig. 538, 5, 6, 7).

Le *segment interne* est séparé du moyen par la *lame médullaire interne* du noyau lenticulaire. Il occupe l'angle, c'est-à-dire le sommet du cône formé par le noyau lenticulaire du côté de la cap-

Les fibres de la capsule interne se continuent en bas avec celles du pédoncule cérébral. En haut elles s'irradient dans tous les sens à partir du bord interne du noyau lenticulaire et de la face externe du noyau caudé. En sortant de l'intervalle de ces noyaux elles constituent le *pied de la couronne rayonnante* ou du grand soleil de Reil. Cet anatomiste a donné le nom de *grand soleil*, ou de *couronne rayonnante*, à ces fibres qui rayonnent dans tous les sens pour se porter aux circonvolutions. La capsule interne est donc formée par des faisceaux de fibres étendues des circonvolutions aux pédoncules cérébraux (fig. 540).

La capsule interne n'est pas une couche uniforme antéro-postérieure. Vers sa partie moyenne, elle est refoulée en dedans par le segment interne du noyau lenticulaire. On peut lui considérer trois portions : un *segment antérieur* ou *lenticulo-strié*, un *segment postérieur* ou *lenticulo-optique*, et un *segment rétro-lenticulaire*, nom donné par Déjerine à la partie la plus reculée du segment postérieur (fig. 538). On appelle *genou* de la capsule l'angle situé entre le segment antérieur et le segment postérieur et correspondant au sommet du *globus pallidus*.

D'avant en arrière, la capsule interne mesure 5 centimètres : 2 pour le segment antérieur et 3 pour le segment postérieur, y compris la portion rétro-lenticulaire.

La partie antérieure du *segment antérieur* est recouverte par la substance grise de l'extrémité antérieure du noyau caudé et du noyau lenticulaire confondus. Le *segment postérieur* dépasse le noyau lenticulaire en arrière, dans l'étendue d'un centimètre. C'est précisément cette portion que Déjerine a appelée segment rétro-lenticulaire.

Structure.

Parmi les fibres de la capsule interne il faut distinguer : 1° celles qui viennent des pédoncules cérébraux ; 2° celles qui vont, ou viennent, des couches optiques aux circonvolutions ; 3° celles qui unissent les corps striés aux couches optiques.

Fibres venant des pédoncules cérébraux. — Pour la facilité de la description, je réunis en un seul groupe toutes les fibres qui parcourent la capsule interne de haut en bas et de bas en haut. Mais sachons qu'il y a deux sortes de fibres, des fibres *motrices descendantes*, formant le faisceau pyramidal et le faisceau géniculé,

interne. La *coupe de Flechsig* est une coupe horizontale passant au-dessus de la scissure de Sylvius (fig. 538). La *coupe de Brissaud* est également horizontale, mais passant par le centre de la couche optique.

et des fibres sensitives ascendantes c'est-à-dire le faisceau sensitif. Notons que les fibres pédonculaires, ascendantes et descendantes, siègent uniquement dans le segment postérieur de la capsule interne.

Ces fibres constituent quatre faisceaux, deux moteurs ; le faisceau pyramidal et le faisceau géniculé, et deux sensitifs, le faisceau sensitif général et le faisceau de Meynert.

a. *Faisceau pyramidal.* — Le faisceau pyramidal, qui unit les cellules des centres moteurs de l'écorce cérébrale aux noyaux des nerfs moteurs médullaires, occupe les deux tiers antérieurs du segment postérieur ou lenticulo-optique, de la capsule interne, entre le faisceau géniculé et le faisceau sensitif général. Il contient quelques fibres cortico-protubérantielles antérieures.



Fig. 541. — Figure montrant le trajet des fibres les plus externes du pédoncule cérébral, d'après Meynert.

a, couche optique. — *b*, corps strié. — *c*, fibres pédonculaires allant au corps strié et à la couche optique. — *d*, faisceau de fibres sensitives de Gratiolet.

b. *Faisceau géniculé.* — Ce faisceau forme le genou de la capsule, d'où son nom. Il est étendu des cellules de la partie inférieure des circonvolutions rolandiques à quelques noyaux moteurs du bulbe. Il contient aussi quelques fibres cortico-protubérantielles antérieures. C'est en réalité un fascicule antérieur du faisceau pyramidal.

c. *Faisceau sensitif général.* — Ce faisceau ascendant fait suite au ruban de Reil, qui est la continuation des cordons postérieurs de la moelle ; il occupe le tiers postérieur du segment lenticulo-optique de la capsule interne. En abordant la capsule interne, il renferme les fibres de la sensibilité générale (nerfs craniens et rachidiens) et les fibres sensorielles des nerfs de l'ouïe, du tact et du goût. Plus haut, au moment où ses fibres vont s'irradier pour former la couronne rayonnante de Reil, il s'accole aux fibres des *radiations optiques* de Gratiolet, qui croisent les fibres postérieures du segment lenticulo-optique. Ce point d'entre-croisement est connu sous le nom de *carrefour sensitif de Charcot.*

d. *Faisceau de Meynert.* — Ce faisceau, ascendant et *sensitif*, mêlé aux fibres *cortico-protubérantielles postérieures*, passe au-des-

sous de la couche optique, région *sous-thalamique*, fait partie de la capsule interne dans une petite étendue, puis se recourbe en arrière, passe au-dessous du noyau lenticulaire et va se jeter dans les cellules des circonvolutions temporales, dans la première et la deuxième selon les uns, dans la deuxième et la quatrième selon les autres.

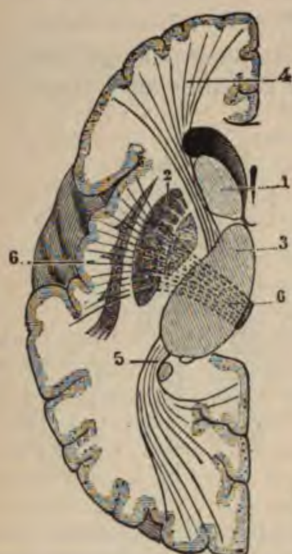


Fig. 542. — Schéma montrant, sur une coupe de Flechsig, les pédoncules de la couche optique et leurs rapports avec la capsule interne.

1, noyau caudé. — 2, noyau lenticulaire. — 3, couche optique. — 4, pédoncule antérieur de la couche optique. — 5, pédoncule postérieur de la couche optique. — 6, pédoncule inférieur de la couche optique.

Fibres étendues des corps opto-striés aux circonvolutions. — On les divise en cortico-striées et cortico-thalamiques.

Les *fibres cortico-striées* naissent des cellules des noyaux caudé et lenticulaire avoisinant la capsule, font partie de la *grande couronne rayonnante de Reil* et vont aux cellules pyramidales des *circonvolutions*.

Parmi les *fibres cortico-thalamiques*, on distingue deux faisceaux appelés pédoncules de la couche optique. Le *pédoncule antérieur* naît de la partie antérieure de la couche optique, et parcourt le segment antérieur de la capsule pour se rendre aux circonvolutions du lobe frontal. Le *pédoncule postérieur* vient du pulvinar et du corps genouillé externe ; il passe dans la partie la plus reculée du segment postérieur de la capsule interne, s'infléchit en arrière et répand ses fibres dans les circonvolutions du lobe occipital. Dans une communication à la *Société de biologie*, 19 décembre 1898, Déjerine a démontré l'existence de fibres *thalamo-corticales* nombreuses. Elles partent de la portion supérieure et moyenne de la couche optique et passent dans la capsule interne (segment postérieur).

Fibres unissant la couche optique et le corps strié. — Les unes vont des noyaux du corps strié, principalement du noyau lenticulaire, à la face externe de la couche optique; les autres unissent les deux segments internes du noyau lenticulaire au noyau caudé.

Les premières, *thalamo-striées*, sont plus abondantes dans le segment antérieur de la capsule ; les autres, *lenticulo-striées*, se rencontrent surtout dans le segment postérieur.

CAPSULE EXTERNE ET CAPSULE EXTRÊME

La *capsule externe* est formée de fibres blanches situées entre le noyau lenticulaire et l'avant-mur ; la *capsule extrême* est située entre l'avant-mur et les circonvolutions. Ces noms ont été donnés par Reil. Les fibres de ces capsules sont formées de fibres reliant les cellules de l'avant-mur et du noyau lenticulaire à celles des circonvolutions.

VENTRICULES DU CERVEAU

Les ventricules du cerveau sont les vestiges de la cavité de la vésicule cérébrale antérieure, dont les parois, en s'épaississant, forment les parois ventriculaires, c'est-à-dire la masse du cerveau. Les ventricules sont des cavités presque virtuelles, ne contenant que fort peu de liquide céphalo-rachidien. Il y a trois ventricules, le ventricule moyen et les ventricules latéraux.

Troisième ventricule.

Appelé encore *ventricule moyen*, le troisième ventricule est l'espace linéaire qui sépare les deux couches optiques.

Presque toutes les parties constituantes du troisième ventricule nous sont connues, il est donc bien facile de comprendre la disposition de cette cavité. Pour se faire une idée de sa forme et de son étendue, faites un cornet de papier, aplatissez-le ; puis avec des ciseaux, coupez obliquement ce cornet aplati à 2 centimètres et demi de sa pointe, de manière que l'un des bords ait 2 centimètres et l'autre 3 et demi ; puis placez le bord le plus court en avant et la pointe du cornet en bas, vous aurez la forme, la longueur et les diverses régions du ventricule moyen, qui présente, en effet, une base, un sommet, deux faces et deux bords.

Base. — La base, ouverture du cornet, est horizontale. On ne l'aperçoit qu'après avoir enlevé le trigone et la toile choroïdienne qui la recouvrent. On voit alors ses limites. Sur les côtés, elle est limitée par les *pédoncules antérieurs* de la glande pinéale, *habena* ou *tœnia thalami ;* en arrière, par le corps de la glande pinéale et ses pédoncules ; en avant par les piliers antérieurs du trigone, au moment où ils s'incurvent pour limiter en avant les *trous de Monro*. Il y a donc tout autour de la base, d'avant en arrière, les

piliers antérieurs du trigone, les trous de Monro, les tænia thalami, la glande pinéale et ses pédoncules.

Sommet. — Le sommet, ou *infundibulum*, ne répond pas au centre de la base, il est situé un peu en avant. Il est formé par la tige du corps pituitaire dont la moitié supérieure, canaliculée, communique avec la cavité du troisième ventricule.

Parois latérales. — Elles sont formées, dans la moitié supérieure, par la face interne des couches optiques et, dans la moitié

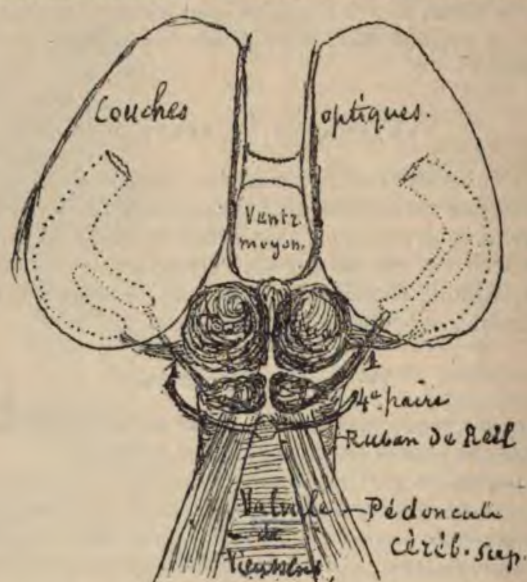


Fig. 543. — Troisième ventricule. Tubercules quadrijumeaux, leurs relations avec les corps genouillés vus par transparence.

inférieure, par la substance grise qui revêt les parois du troisième ventricule. Entre ces deux parties est le *sillon de Monro*, qui les sépare. Ce sillon, légèrement concave en haut, part de l'orifice antérieur de l'aqueduc de Sylvius et se rend au trou de Monro.

Entre les deux couches optiques, séparées par un intervalle de trois ou quatre millimètres, on trouve la *commissure grise*.

Vers leur partie antérieure, on voit les piliers antérieurs du trigone cheminer dans leur épaisseur, avant de se jeter dans les tubercules mamillaires.

Bords. — Les deux bords et le sommet du troisième ventricule

correspondent à la *commissure grise de la base* de Henle, que j'ai décrite sur la ligne médiane de la base du cerveau. Le long des deux bords, nous allons rencontrer les mêmes régions qui ont été décrites à la base du cerveau.

a. On trouve sur le *bord postérieur*, de haut en bas et d'arrière en avant, les parties suivantes qui se succèdent : 1° la glande pinéale ; 2° la commissure blanche postérieure ; 3° l'anus ; 4° l'espace inter-

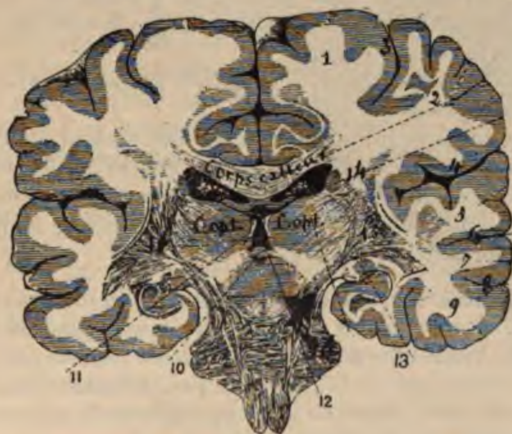


Fig. 544. — Coupe verticale et transversale du cerveau suivant le tracé D de la figure 526 (d'après Van Gehuchten). Cette coupe passe par le troisième ventricule, les ventricules latéraux et les corps opto-striés.

1, circonvolution frontale ascendante. — 2, circonvolution pariétale ascendante. — 3, scissure de Rolando. — 4, scissure de Sylvius. — 5, circonvolution temporale supérieure. — 6, sillon temporal supérieur. — 7, deuxième circonvolution temporale. — 8, deuxième sillon temporal. — 9, troisième circonvolution temporale. — 10, commissure blanche postérieure. — 11, stries médullaires de la couche optique. — 12, troisième ventricule. — 13, queue du noyau caudé. — 14, partie supérieure du noyau caudé. — 15, noyau lenticulaire et capsule interne. On voit, en dehors de 15 la capsule externe, l'avant-mur et la capsule extrême..

pédonculaire ; 5° les tubercules mamillaires ; 6° le tuber cinereum ; 7° enfin la tige pituitaire qui forme le sommet du ventricule.

Au-dessous de l'anus, toutes ces parties sont recouvertes par la substance grise, qui tapisse les parois de la moitié inférieure du troisième ventricule.

1° La **glande pinéale, épiphyse, corps pinéal,** ou **conarium**, appelée autrefois *pénis*, selon Portal, est un organe rudimentaire, atrophié, gros comme un grain de riz, et situé à la partie moyenne de la fente cérébrale de Bichat, entre les tubercules quadrijumeaux antérieurs, au-dessous de la toile choroïdienne.

De la base de la glande pinéale, dirigée en avant, on voit partir

six prolongements, ou *pédoncules*. Les *pédoncules antérieurs*, *rênes*, ou *habenæ*, forment une crête blanche sur les côtés de la base du ventricule moyen. Arrivés au trou de Monro, ils descendent dans le bord postérieur du trou et se jettent dans les piliers antérieurs du trigone dont ils partagent la distribution. Les *pédoncules moyens* se portent en dehors, au-dessus de la commissure blanche postérieure et se perdent dans la couche optique. Les *pédoncules inférieurs*, très grêles, se portent en avant et en dehors, au-devant de la commissure blanche antérieure, et se terminent dans la couche optique.

Les six pédoncules, réunis à la glande pinéale, donnent l'image d'un insecte avec ses six pattes.

Dans sa structure, il faut distinguer une enveloppe fibro-vasculaire dépendant de la pie-mère, et un centre aréolaire à cavités communicantes dont les parois sont formées par les éléments de la névroglie, entremêlés de granulations calcaires, ce qui indique le peu d'importance de cet organe.

2° La **commissure blanche postérieure** est un petit cordon blanc, transversal, situé entre la base de la glande pinéale et l'orifice antérieur de l'aqueduc de Sylvius. Elle est formée par des fibres nerveuses, venues de la couche optique, s'entre-croisant sur la ligne médiane avec celle du côté opposé, et se perdant dans la calotte du pédoncule cérébral.

Ce n'est pas parce qu'un élève de Flechsig a cru voir que les fibres de la commissure entrent en relation avec le nerf moteur oculaire commun, qu'il faut publier cette opinion, qui n'a reçu encore aucune sanction.

3° L'**anus** est l'ouverture antérieure de l'aqueduc de Sylvius. De l'anus partent les sillons de Monro qui passent entre la couche optique et la substance grise du troisième ventricule et se terminent au trou de Monro. L'anus et ses deux sillons séparent la région thalamique (couche optique) de la région sous-thalamique ou sous-optique (substance grise du troisième ventricule). L'anus est dans la région thalamique. De l'anus part un sillon médian, faisant suite à celui de l'aqueduc de Sylvius et du plancher du quatrième ventricule, et se prolongeant en bas le long du bord postérieur du troisième ventricule.

3° **L'espace interpédonculaire** a déjà été étudié à la base du cerveau sous le nom de substance perforée postérieure.

4° Les **tubercules mamillaires** reçoivent les piliers antérieurs du trigone et donnent naissance au faisceau de Vicq d'Azyr. Au centre ils contiennent un peu de la substance grise du troisième ventricule.

5° Plus bas enfin, près du sommet, le **tuber cinereum** ou tubercule cendré, déjà décrit à la partie médiane de la base du cerveau, se termine par l'infundibulum.

b. Le *bord antérieur* est presque vertical, mais non rectiligne, parce qu'il est interrompu par la saillie que fait le chiasma dans la cavité du troisième ventricule.

Ce bord présente de haut en bas : 1° les piliers antérieurs du trigone, séparant les deux trous de Monro; 2° la commissure blanche antérieure limitant la vulve avec les piliers antérieurs du trigone; 3° la lame terminale ou sus-optique avec le recessus opticus; 4° la couche grise qui recouvre le chiasma; 5° enfin le tubercule cendré et le recessus sous-optique.

1° La **commissure blanche antérieure** se voit en avant des piliers antérieurs du trigone. C'est un cordon blanc étendu entre les deux noyaux caudés au-dessous de l'angle inférieur du septum lucidum. Ce cordon ressemble à un tronc nerveux, de 4 millimètres de haut en bas, sur 3 millimètres d'avant en arrière. Après avoir traversé la tête du noyau caudé, la commissure se porte au-dessous de l'extrémité antérieure du noyau lenticulaire, creusée d'une gouttière pour la recevoir, puis elle s'épanouit dans les circonvolutions du lobe temporal.

2° Le **trou de Monro** est situé de chaque côté du troisième ventricule, en avant de la couche optique et en arrière du pilier antérieur du trigone cérébral. Il est elliptique, à grand diamètre vertical. Ce diamètre a 3 ou 4 millimètres. Une injection poussée dans le ventricule moyen passe dans le latéral, et *vice versa*. Il est limité en avant par les piliers antérieurs du trigone ; en arrière par l'échancrure de la couche optique et l'extrémité du pédoncule antérieur de la glande pinéale ; en haut, par l'extrémité des plexus choroïdes des ventricules latéraux se continuant avec ceux de la toile choroïdienne.

Le **vulve** est une dépression triangulaire, n'ayant aucune communication avec le ventricule de la cloison, puisque le ventricule est complètement clos.

3° La **lame sus-optique**, déjà décrite sur la ligne médiane de la face inférieure du cerveau, s'étend du bec du corps calleux, au-dessous de la vulve, jusqu'au chiasma. Le cul-de-sac qu'elle forme au-dessus du chiasma constitue le *recessus opticus*, sorte de diverticulum du ventricule moyen.

Le *tuber cinereum* forme un autre récessus au-dessous du chiasma, puis il se continue avec la partie antérieure de la tige du corps pituitaire.

4° **Substance grise du troisième ventricule.** — Au-dessous des

deux sillons de Monro, des trous de Monro et de l'anus, les parois du troisième ventricule sont formées par une couche de substance grise sous-épendymaire, se terminant en avant, à la lame sus-optique et en arrière autour de l'aqueduc de Sylvius. Cette substance grise recouvre : sur les côtés, la moitié inférieure des couches optiques; en arrière, l'espace interpédonculaire, les tubercules mamillaires et le tuber cinereum; en avant la lame sus-optique qu'elle forme en totalité, la partie antérieure du tuber cinereum et l'infundibulum.

Ventricules latéraux.

Lorsque le cerveau intermédiaire se développe aux dépens de la deuxième vésicule cérébrale secondaire, autrement dit aux dépens de la partie postérieure de la vésicule cérébrale primitive, la partie antérieure de cette vésicule, qui forme les hémisphères, offre un accroissement rapide, forme les circonvolutions et se renverse en arrière, en recouvrant le cerveau intermédiaire. En se renversant en arrière, elle emprisonne une partie de la pie-mère qui la recouvre et elle se trouve séparée du cerveau intermédiaire par un espace irrégulier. La pie-mère incluse formera la toile choroïdienne et les plexus choroïdes; la cavité irrégulière interposée formera les ventricules latéraux.

Les ventricules latéraux sont deux cavités, ou mieux deux espaces virtuels, séparés l'un de l'autre, en avant, par le septum lucidum, et entourant les corps opto-striés et le pédoncule cérébral. Les deux ventricules latéraux, contigus en avant, s'écartent en arrière, en décrivant une courbe, ce qui a fait donner au ventricule latéral le nom de *canal circum-pédonculaire*.

La partie antérieure de la courbe que décrit le ventricule latéral s'étend jusqu'au genou du corps calleux, qui la ferme. Elle est horizontale. C'est un cul-de-sac, comme le doigt d'un gant.

La partie inférieure, qui forme la courbe à elle toute seule, s'enroule au-dessous de la couche optique et du pédoncule cérébral. Elle est largement ouverte vers la ligne médiane, puisqu'elle forme les parties latérales de la fente cérébrale de Bichat.

Il faut s'entendre sur le mot *ouverte*. Sur un cerveau reposant sur sa face convexe, écartez le pédoncule cérébral et la circonvolution qui le recouvre, vous aurez séparé les deux lèvres d'une des parties latérales de la fente de Bichat et vous aurez ouvert le ventricule latéral. Mais le résultat aura été obtenu en détruisant des adhérences pie-mériennes et épendymaires. Il faut donc dire que la substance nerveuse laisse une ouverture en dedans de la portion courbe du ventricule. Mais cette ouverture ne laisse pas

passer le liquide céphalo-rachidien. Nous reviendrons sur ce point.

Les deux ventricules latéraux communiquent avec le ventricule moyen par les trous de Monro. Un liquide pénétrant par le quatrième ventricule et l'aqueduc de Sylvius, jusqu'au ventricule moyen, se répandra dans les ventricules latéraux par les trous de Monro.

Portion horizontale ou antérieure du ventricule latéral. — La portion antérieure du ventricule a une paroi supérieure, une paroi inférieure, un bord interne, un bord externe et deux extrémités.

Paroi supérieure ou *voûte.* — Elle est complètement formée par la face inférieure du corps calleux.

Paroi inférieure ou *plancher.* — Étendue du bord externe au bord interne, cette paroi est formée principalement par le corps

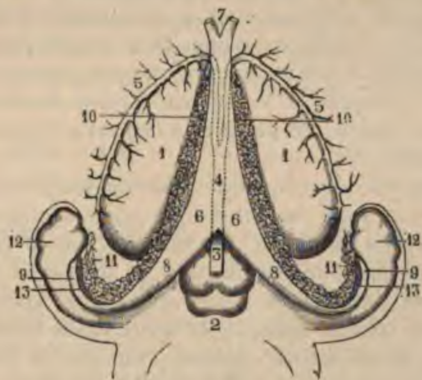


Fig. 545. — Paroi inférieure du ventricule latéral et veine du corps strié.

1, 1, couches optiques, sur lesquelles reposent le trigone, la toile choroïdienne et les plexus choroïdes. — 2, tubercules quadrijumeaux. — 3, terminaison de la veine de Galien dans le sinus droit. — 4, tronc de la veine de Galien vu à travers le trigone cérébral supposé transparent. — 5, 5, veines du corps strié, origine de la veine de Galien. — 6, 6, portion de la face supérieure du trigone faisant partie du plancher des ventricules latéraux. — 7, angle antérieur du trigone avec ses deux piliers divisés et portés en avant. — 8, 8, angles postérieurs se dirigeant vers la corne d'Ammon. — 8, 9, corps bordant, continuation du pilier postérieur. — 10, 10, partie antérieure des plexus choroïdes des ventricules latéraux. — 11, 11, partie postérieure ou inférieure des mêmes plexus, se continuant avec la pie-mère externe aux extrémités de la fente cérébrale de Bichat. — 12, 12, corne d'Ammon. — 13, 13, corps godronné suivant la direction du corps bordant.

opto-strié. On y trouve de dehors en dedans, la face supérieure du noyau caudé, le sillon opto-strié, la face supérieure de la couche optique, les plexus choroïdes du ventricule latéral, le sillon choroïdien et le trigone cérébral.

1° Le *noyau caudé*, large en avant (tête), effilé en arrière (queue) dépasse la couche optique en avant et offre une face convexe régulière, en contact avec la voûte que lui forme le corps calleux.

2° Le *sillon opto-strié*, situé entre le noyau caudé et la couche optique, est oblique d'avant en arrière et de dedans en dehors ; il se prolonge en arrière de la couche optique en formant une courbe à concavité antérieure et interne.

On trouve dans le sillon opto-strié trois organes longitudinaux, qui sont de haut en bas : la lame cornée, la veine du corps strié, le tænia semi-circularis.

La *lame cornée* est un épaississement de la membrane épendymaire, de 2 ou 3 millimètres de large, se rétrécissant en arrière. La lame cornée est étendue d'une extrémité à l'autre du sillon opto-strié ; en arrière, elle passe au-dessous de la couche optique et concourt à la formation de la paroi supérieure de la portion courbe du ventricule latéral. On trouve dans son épaisseur quelques fibres nerveuses du tænia semi-circularis.

La *veine du corps strié* parcourt le sillon opto-strié d'arrière en avant, au-dessous de la lame cornée. Dans son trajet, elle reçoit de nombreuses veines fournies par le noyau caudé et la couche optique, puis elle reçoit la veine du septum lucidum et se jette dans la veine de Galien, en passant à la partie supérieure du trou de Monro (fig. 547).

Le *tænia semi-circularis*, petit faisceau longitudinal de fibres nerveuses, situé au fond du sillon opto-strié, commence en avant de ce sillon par des fibres un peu écartées ; au niveau du tubercule antérieur de la couche optique, ces fibres se tassent en un seul faisceau qui parcourt le sillon opto-strié. Arrivé à la partie postérieure de la couche optique, le tænia passe en dessous, reçoit quelques fibres de la couche optique, concourt à former la paroi supérieure de la portion courbe du ventricule, et se termine dans le *noyau amygdalien* situé dans la circonvolution de l'hippocampe.

3° La moitié externe de la face supérieure de la *couche optique* fait partie du plancher du ventricule. Elle est recouverte par l'épendyme jusqu'au sillon choroïdien.

4° Le *sillon choroïdien* divise la couche optique en deux parties. Son nom vient de ce qu'il loge les plexus choroïdes.

5° Les *plexus choroïdes* forment un cordon vasculaire rouge, qui suit le bord du trigone dans le sillon choroïdien. Ils seront décrits plus loin.

6° Le *trigone cérébral* forme la partie la plus interne du plancher du ventricule. Plus large en arrière, la face supérieure du trigone est recouverte par l'épendyme.

Bord externe. — Le bord externe du ventricule, légèrement concave en dehors, est formé par la réunion des parties latérales du corps calleux avec les fibres qui se dégagent de la partie externe du corps strié (pied de la couronne rayonnante).

Bord interne. — Ce bord est formé en arrière par la fusion du bourrelet du corps calleux avec la face supérieure du trigone (lyre). En avant, le bord s'élargit puisqu'il est formé par le septum lucidum qui sépare les deux ventricules latéraux. C'est à la partie inférieure de ce bord que se trouve le trou de Monro. Cette ouverture, qui fait communiquer le ventricule moyen avec les ventricules latéraux, est exactement située à l'extrémité antérieure du sillon opto-strié, entre l'extrémité antérieure de la couche optique et la tête du noyau caudé.

Extrémité antérieure. — L'extrémité antérieure du ventricule est formée par le genou du corps calleux. Quelques anatomistes l'appellent *corne frontale* du ventricule. Chez le fœtus, et chez les mammifères à lobe olfactif très développé, on trouve une ouverture à la partie inférieure de la corne frontale, en avant de la tête du noyau caudé. C'est l'orifice d'un canal qui va jusqu'au bulbe du nerf olfactif.

Extrémité postérieure. — L'extrémité postérieure se continue avec la partie inférieure du ventricule.

Portion courbe ou inférieure du ventricule latéral. — La partie inférieure du ventricule latéral est située en arrière et au-dessous du pédoncule cérébral et de la couche optique. Son extrémité terminale est séparée de l'extrémité antérieure de la circonvolution de l'hippocampe par un intervalle de un centimètre et demi à deux centimètres. Quelques anatomistes appellent cette portion du ventricule *corne sphénoïdale* ; pourquoi ?

Sa direction est oblique en bas, en avant et en dedans.

Elle offre deux parois, supérieure et inférieure, deux bords, externe et interne, et deux extrémités.

Paroi supérieure. — Puisque le ventricule latéral contourne la couche optique et passe au-dessous d'elle, on comprend que cette couche optique, formant la paroi inférieure de la portion horizontale du ventricule, doive former la paroi supérieure de la partie inférieure, ou réfléchie.

De dedans en dehors, on trouve sur cette paroi : 1° la face inférieure du pédoncule cérébral et la bandelette optique ; 2° la face inférieure de la couche optique et ses deux corps genouillés ; 3° la portion réfléchie de la lame cornée, le tænia semi-circularis, et

de la queue du noyau caudé ; 4° enfin un faisceau de fibres dépendantes du faisceau d'association occipito-frontal et décrit par les anciens auteurs sous le nom singulier de *tapetum*. La queue du noyau caudé et le tænia, contigus en arrière, se séparent en avant pour se porter, la première au troisième segment, ou segment externe du noyau lenticulaire, le second au noyau amygdalien.



Fig. 546. — Portion sphénoïdale du ventricule latéral droit.

1, corne d'Ammon. — 2, corps godronné. — 3, corps bordant. — 4, coupe du pied du corps bordant. — 5, coupe du pied de la corne d'Ammon. — 6, ergot de Morand dans le prolongement occipital.

Paroi inférieure. — On la voit nettement en enlevant la couche optique. Cette paroi est formée par trois saillies courbes à concavité interne, qui sont, en allant de dehors en dedans, la corne d'Ammon, le corps bordant et le corps godronné.

La *corne d'Ammon*, appelée encore *pied d'hippocampe*, ou *grand hippocampe*, est formée par une saillie de la substance nerveuse, refoulée par le sillon de l'hippocampe situé au-dessous, ce dont on peut s'apercevoir par une coupe. C'est une circonvolution retournée, ou mieux la saillie du fond d'un sillon, ce que certain auteur traduit ainsi : *elle est l'expression ventriculaire du sillon périphérique ?* La corne d'Ammon a une longueur de 4 à 5 centimètres. Elle est plus large à sa partie terminale où elle offre plusieurs bosselures, dues à des incisures sous-jacentes partant du sillon de l'hippocampe.

Le *cuissart* de Malacarne, *éminence collatérale* de Meckel, ou *hippocampe accessoire*, est une petite saillie qui suit le bord externe de la corne d'Ammon, et qui est déterminée également par le fond d'un sillon de la surface du cerveau.

La corne d'Ammon se confond à son extrémité postérieure avec le corps calleux et la base de l'ergot de Morand. Elle ne se confond pas avec le trigone cérébral.

La *structure* est celle d'une circonvolution. La couche superficielle, ou *alveus*, a la structure de la substance blanche sous-corticale du cerveau ; la substance grise est la même que celle des circonvolutions (voy. *Grand lobe limbique*).

Le *corps bordant* est le prolongement du pilier postérieur du trigone (voy. *Trigone cérébral*), appelé aussi *fimbria*, *corps frangé*, *bandelette*, ou *tænia de l'hippocampe*, le corps bordant suit le bord interne concave de la corne d'Ammon auquel il adhère par son bord externe. Son bord interne libre recouvre le corps godronné qu'on aperçoit en relevant ce bord interne. Son sommet, effilé, se perd dans le crochet de la circonvolution de l'hippocampe.

Le *corps godronné*, situé au-dessous du corps bordant, fait partie de la circonvolution godronnée. Il a été décrit avec cette circonvolution (voir *Grand lobe limbique*).

Diverticulum du ventricule latéral. — Au niveau du point où le ventricule latéral commence sa courbe autour de la couche optique, il envoie un *diverticulum* dans le lobe occipital, appelé par quelques auteurs, *corne occipitale*. Ce diverticulum est appelé *cavité digitale*, ou *ancyroïde*, (c'est-à-dire en forme d'ancre). C'est un cul-de-sac, de 2 ou 3 centimètres de long, souvent plus long à gauche, d'après Sugel, et présentant, à sa partie interne, l'*ergot de Morand* ou *petit hippocampe*, saillie blanche formée par le fond d'un sillon de la surface du cerveau, comme la corne d'Ammon (scissure calcarine).

PIE-MÈRE INTERNE

La pie-mère interne est située dans les ventricules du cerveau. Elle se continue avec la pie-mère externe sur toute l'étendue de la fente cérébrale de Bichat. De là, elle se porte en avant, recouvrant la partie postérieure des deux couches optiques, puis la face supérieure de ces couches, ainsi que le troisième ventricule.

Dans sa partie moyenne et sur ses parties latérales, la pie-mère interne n'est pas la même. On donne à la partie moyenne le nom de *toile choroïdienne*, et celui de *plexus choroïdes des ventricules latéraux*, aux parties latérales.

Toile choroïdienne. — La toile choroïdienne est située au-dessous du trigone dont elle a la forme triangulaire. Sa *face supérieure* est en rapport avec le trigone, auquel elle est unie par des tractus conjonctifs et vasculaires ; sa *face inférieure* recouvre le troisième ventricule et une portion de la face supérieure des couches optiques. Vers sa partie moyenne, on remarque deux séries de granulations vasculaires rouges, confondues en arrière, séparées en avant, où elles se continuent avec les plexus choroïdes des ventricules latéraux ; ce sont les *plexus choroïdes du ventri-*

cule moyen. Ses *bords latéraux* se confondent avec les plexus choroïdes des ventricules latéraux. Sa *base*, située au milieu de la fente cérébrale de Bichat, recouvre la glande pinéale et se continue avec la pie-mère externe. Son *sommet* se termine en arrière des piliers antérieurs du trigone, où il se divise pour se continuer avec les plexus choroïdes des ventricules latéraux, à la partie supérieure des trous de Monro.

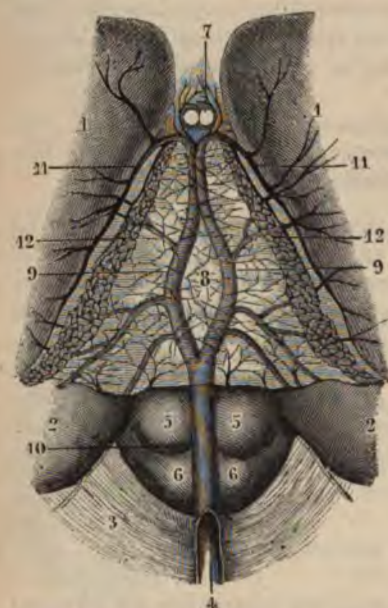


Fig. 547. — Toile choroïdienne et veines de Galien.

1, 1, corps strié. — 2, 2 couches optiques. — 3, partie antérieure de la tente du cervelet. — 4, sinus droit ouvert. — 5, 5, tubercules quadrijumeaux antérieurs. — 6, 6, tubercules quadrijumeaux postérieurs. — 7, coupe des piliers antérieurs du trigone. — 8, toile choroïdienne. — 9, 9, veines de Galien. — 10, tronc des veines de Galien. — 11, 11, veines du corps strié, origines des veines de Galien. — 12, 12, plexus choroïdes des ventricules latéraux.

La toile choroïdienne est formée de deux feuillets de la pie-mère fusionnés. En arrière, ils s'écartent et sont séparés par une couche de tissu conjonctif lâche contenant quelques vaisseaux. Le feuillet supérieur remonte sur le cerveau, le feuillet inférieur se dirige vers le cervelet.

Plexus choroïdes. — On donne ce nom à deux cordons rougeâtres, très vasculaires, situés sur les bords de la toile choroïdienne et parcourant le sillon choroïdien le long des bords du trigone. Les plexus choroïdes sont les bords de la toile choroïdienne épaissis, en forme de bourrelet.

Ils commencent sur les parties latérales de la fente de Bichat, où ils occupent toute la longueur de l'ouverture ; ils recouvrent la corne d'Ammon, embrassent la partie postérieure de la couche optique et parcourent le sillon opto-strié, en s'amincissant jusqu'au trou de Monro, où ils se confondent avec les plexus choroïdes du ventricule moyen. Les plexus choroïdes présentent un épaississement de 5 à 6 millimètres au niveau du point où commence le diverticulum occipital (glomus), puis ils vont en s'amincissant, jusqu'au trou de Monro.

Les *vaisseaux* de la pie-mère interne sont nombreux, surtout

dans les plexus choroïdes. Les artères viennent de la choroïdienne antérieure et de la choroïdienne postérieure latérale pour les plexus; des cérébrales postérieures, des cérébelleuses supérieures et des choroïdiennes pour la toile choroïdienne. Toutes les veines,



Fig. 548. — Coupe transversale et verticale du cerveau passant par le tracé E de la figure 526 (d'après Van Gehuchten).

1, circonvolution frontale ascendante. — 2, circonvolution pariétale ascendante. — 3, circonvolution pariétale inférieure. — 4, circonvolution temporale supérieure. — 5, deuxième circonvolution temporale. — 6, deuxième sillon temporal. — 7, troisième sillon temporal. — 8, scissure occipito-temporale. — 9, sillon temporal supérieur. — 10, corne d'Ammon — 11, sillon temporal inférieur. — 12, commencement de la scissure de Rolando. — 13, sillon interpariétal. — 14 et 15, les deux dernières circonvolutions temporales. — 16, faisceaux de Goll. — 17, portion protubérantielle du plancher du quatrième ventricule. — 18, portion bulbaire avec aile blanche interne, aile grise, aile blanche externe et stries médullaires.

Cette coupe montre le splenium, les ventricules latéraux et les plexus choroïdes.

y compris la veine du corps strié, se jettent dans la *veine de Galien*, qui déverse son sang dans le sinus droit. Dans les plexus choroïdes, les vaisseaux capillaires sont pelotonnés.

MEMBRANE VENTRICULAIRE

La membrane ventriculaire n'est autre que l'*épendyme*, qui fait suite à celui qui tapisse l'aqueduc de Sylvius.

Pénétrant par l'aqueduc de Sylvius, la membrane ventriculaire s'étale dans le ventricule moyen et en recouvre toutes les parois. De la face interne des couches optiques elle se porte sur la toile choroïdienne dont elle recouvre la face inférieure entre les deux pédoncules antérieurs de la glande pinéale. En bas, elle se continue

jusque dans la tige pituitaire. En arrière, elle couvre la commissure blanche postérieure, la base de la glande pinéale et elle forme au-dessous de la base de cette glande un cul-de-sac, une sorte de recessus. En avant, elle revêt la face postérieure des piliers antérieurs du trigone, la dépression vulvaire, la partie postérieure de la commissure antérieure, la lame sus-optique, le chiasma et le tuber cinereum. Elle couvre aussi la surface de la commissure grise ,En arrière des piliers antérieurs du trigone, elle passe par les trous de Monro et tapisse toute l'étendue des ventricules latéraux.

Aucune partie des cavités ventriculaires n'est dépourvue de membrane. Deux points méritent d'attirer notre attention :

1° Sur le plancher de la partie antérieure du ventricule latéral, la membrane ventriculaire recouvre le noyau lenticulaire. De ce noyau, elle se porte en dedans, recouvrant d'un seul feuillet la couche optique, les plexus choroïdes et le trigone, de sorte que la portion de couche optique recouverte par le trigone est dépourvue de membrane épendymaire. En passant sur le sillon opto-strié elle forme un repli qui est la *lame cornée.*

2° A la partie interne et inférieure du ventricute latéral, le ventricule se trouve complètement fermé par la membrame ventriculaire. La membrane ventriculaire recouvre la corne d'Ammon comme toutes les autres parties du ventricule. Mais arrivée au corps bordant, elle s'épaissit sur sa face antérieure et forme une crête épendymaire qui descend et passe en dedans de son extrémité terminale. De cette crête la membrane ventriculaire se porte sur la paroi supérieure de la portion inférieure du ventricule, laissant en dehors de la cavité ventriculaire proprement dite, une portion du corps bordant, le corps godronné et la circonvolution de l'hippocampe.

D. — Structure du cerveau

Le cerveau est formé de substance blanche et de substance grise. Ces deux substances ont déjà été décrites. J'examinerai ici la structure des diverses parties qui constituent le cerveau et dont nous venons d'étudier les rapports et la conformation intérieure.

Si nous suivons le trajet des fibres du pédoncule cérébral vers le cerveau, nous trouvons d'abord deux énormes ganglions, les corps opto-striés (couche optique et corps strié), puis la masse des circonvolutions.

Couche optique (Thalamus).

Le *thalamus* ou *couche optique*, est divisé, depuis Forel, en deux régions : la région thalamique et la région sous-thalamique.

La *région thalamique* constitue la couche optique proprement dite.

1° Région sous-thalamique. — La *région sous-thalamique* est une mince couche nerveuse qui continue la calotte du pédoncule

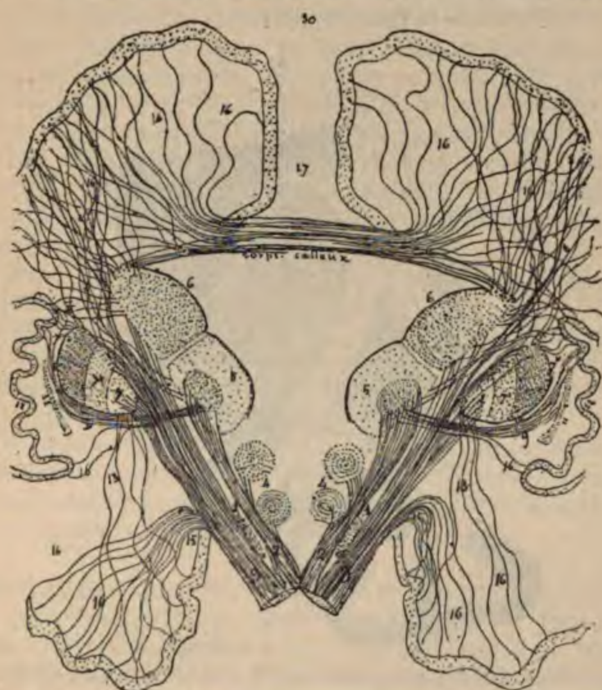


Fig. 549. — Schéma des ganglions cérébraux, de la couronne rayonnante de Reil et de la terminaison des pédoncules cérébraux.

1, locus niger. — 2, étage supérieur du pédoncule cérébral. — 3, étage inférieur. — 4, tubercules quadrijumeaux. — 5, couche optique. — 6, noyau caudé. — 7, segment interne du noyau lenticulaire. — 7', segment moyen. — 7'', segment externe. — 8, fibres se portant directement du pédoncule cérébral aux circonvolutions. — 9, capsule externe. — 10, espace virtuel entre la capsule externe et le noyau lenticulaire. — 11, avant-mur. — 12, insula de Reil. — 13, fibres de la couronne rayonnante partant de l'extrémité postérieure du noyau lenticulaire. — 14, fibres partant de l'extrémité antérieure du même noyau. — 15, faisceau de Meynert, sensitif, se détachant de l'étage inférieur, presque complètement moteur. — 16, fibres de la couronne rayonnante. — 17, scissure inter-hémisphérique.

cérébral, au-dessous de la couche optique. Forel lui décrit trois couches, qui sont, de haut en bas : la couche dorsale, la zona incerta et le corps de Luys.

La *couche dorsale*, séparée de la couche optique par le *champ de Forel*, est une mince couche de fibres nerveuses, de prove-

nance incertaine. Selon Meynert ces fibres seraient la continuation de la bandelette longitudinale postérieure du bulbe ; selon Forel, elles seraient la continuation du pédoncule cérébelleux supérieur, après que celui-ci a traversé le noyau rouge de Stilling. Quoi qu'il en soit, ses fibres se confondent en dehors avec celles de la lame médullaire externe de la couche optique.

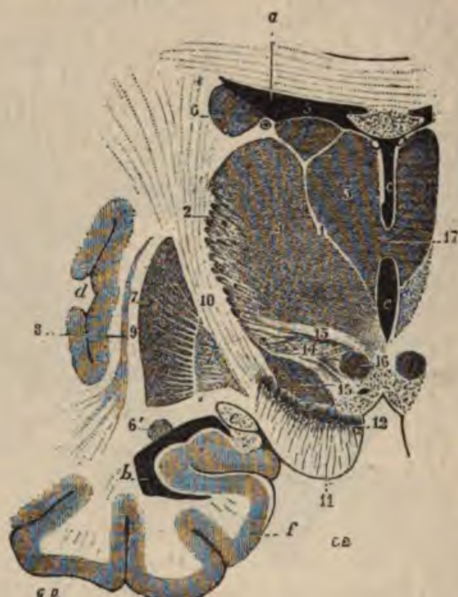


Fig. 550. — Coupe vertico-transversale de la couche optique (régions thalamique et sous-thalamique), des corps striés et des capsules (d'après Testut).

a, *b*, coupe du ventricule latéral. — *c*, ventricule moyen. — *d*, insula. — *f*, circonvolution de l'hippocampe. — 1, lame médullaire interne de la couche optique. — 2, lame médullaire externe et couche grillagée. — 3, noyau interne de la couche optique. — 4, noyau externe. — 5, noyau supérieur. — 6, noyau caudé, 6', sa queue ou portion réfléchie. — 7, segment externe du noyau lenticulaire, putamen. — 7', segments moyen et interne, globus pallidus. — 8, avant-mur situé entre la capsule externe, 9, et la capsule extrême. — 10, capsule interne. — 11, pied du pédoncule cérébral. — 12, locus niger de Sœmmering. — 13, couche dorsale de la région sous-thalamique. — 14, zona incerta. — 15, corps de Luys. — 16, extrémité du noyau rouge de Stilling. — 17, commissure grise.

La *zona incerta* continue en avant la formation réticulaire de la calotte et s'étend jusqu'à la *substance innominée* de Reichert. On ne sait d'où viennent ses fibres.

Le *corps de Luys*, ou *sous-thalamique*, de forme lenticulaire, correspond par ses deux faces à la *zona incerta* et à l'extrémité antérieure du *locus niger*. Il est surtout formé de substance

névroglique contenant des cellules nerveuses. Il s'étend, en travers, du ventricule moyen à la capsule interne. Deux faisceaux de fibres partent du corps de Luys, un faisceau externe qui va aux segments internes du noyau lenticulaire, et un faisceau interne qui se porte vers la substance grise de la base du cerveau, où il forme probablement la *commissure de Meynert*.

La région sous-thalamique, ou *hypothalamus*, comprend encore les tubercules mamillaires, l'éminence sacculaire de Retzius, le tuber cinereum, avec l'infundibulum et la partie postérieure de l'hypophyse, le chiasma des nerfs optiques, le recessus optique et la lame terminale. L'extrémité antérieure du sillon de Mouro se termine entre les tubercules mamillaires et l'infundibulum, séparant ainsi la partie mamillaire de la partie optique de l'hypothalamus.

La partie mamillaire appartient au diencéphale tandis que la partie optique fait partie du télencéphale.

Le *sillon de Mouro* s'appelle encore *sillon hypothalamique*. Il divise le *diencéphale* en une partie ventrale, qui est la *région sous-thalamique* de Forel, ou *hypothalamus*, et une partie dorsale qui est appelée *thalamencéphale*.

Le thalamencéphale comprend les trois parties suivantes : 1° le *thalamus* ou *couche optique ;* 2° l'*épithalamus*, comprenant la *glande pinéale* et la région de l'*habenula ;* 3° le *métathalamus* qui correspond aux deux *corps genouillés*.

Région thalamique. — Nous avons vu, en parlant des pédoncules cérébraux, que les couches optiques sont deux grosses masses ovoïdes de substance nerveuse situées sur le trajet des pédoncules cérébraux. Les fibres des pédoncules cérébraux passent au-dessous des couches optiques ; les unes se terminent dans ces gros ganglions, les autres glissent au-dessous et vont former la capsule interne, située entre le noyau caudé et le noyau lenticulaire du corps strié.

Si nous la considérons dans son ensemble, la couche optique se présente comme un gros amas de cellules nerveuses qu'on peut diviser en trois groupes, ou noyaux, antérieur, interne et externe. Le *noyau antérieur*, qui forme le tubercule antérieur de la couche optique, reçoit les fibres du *faisceau ascendant de Vicq d'Azyr*. Le *noyau interne* est formé par la portion interne de la couche optique, contre le ventricule moyen, séparée du reste du thalamus par une couche de fibres blanches appelée *lame médullaire interne*. Le *noyau externe*, est situé entre cette dernière et la *lame médullaire externe*, couche de substance blanche lin[illegible] tant la couche optique en dehors. La face supérieure de la couc[illegible]

optique contient une mince couche de fibres blanches, *stratum zonale* de la couche optique.

Les cellules nerveuses de la couche optique sont de dimensions moyennes, et n'offrent rien de particulier.

Relations microscopiques. — Le thalamus est en relation avec le pédoncule cérébral, avec le corps strié et avec les circonvolutions.

1° *Du côté du pédoncule cérébral.* — La couche optique reçoit par sa face inférieure le gros faisceau de la portion terminale interne du ruban de Reil. Elle reçoit peut-être aussi quelques fibres du pédoncule cérébelleux supérieur après qu'il a traversé le noyau rouge de Stilling, mais ce n'est pas certain, pas plus qu'il n'est certain qu'elle reçoive des fibres du faisceau commissural longitudinal dont on perd la trace au niveau des pédoncules cérébraux.

2° *Du côté du corps strié.* — De nombreuses fibres unissent les cellules du thalamus avec les fibres des noyaux caudé et lenticulaire du corps strié. Je les désigne sous le nom de fibres *thalamo-striées*. Elles croisent les fibres de la capsule interne. Des fibres courbes faisant partie de l'*anse pédonculaire*, unissent la face inférieure du noyau lenticulaire à celle de la couche optique.

3° *Du côté des circonvolutions.* — Des fibres *thalamo-corticales* partent des parties latérale et inférieure de la couche optique et s'irradient dans tous les sens. On en distingue trois groupes principaux sous le nom de *pédoncules de la couche optique*. Le pédoncule *antérieur* va de l'extrémité antérieure du thalamus à l'écorce des circonvolutions frontales. Le *postérieur*, parti du pulvinar et du corps genouillé externe, croise les fibres du segment postérieur de la capsule interne et se rend à l'écorce des circonvolutions occipitales. L'*inférieur* part de la face inférieure de la couche optique, passe sous le noyau lenticulaire, et se termine dans l'écorce des circonvolutions temporales et de l'insula de Reil.

Ganglion de l'habénula. — Je dirai ici un mot du *triangle de l'habénula*, dépendance de la couche optique. Le *ganglion de l'habénula*, qu'Edinger rattache à l'appareil olfactif, en occupe le centre. De ce ganglion partent des *fibres antérieures* qui se perdent dans le pédoncule antérieur de la glande pinéale ou habena, et des *fibres postérieures* qui descendent sur la face interne de la couche optique, passant en dedans du noyau rouge de la calotte, et venant se terminer dans le ganglion interpédonculaire, après entre-croisement sur la ligne médiane (faisceau rétro-réflexe de Meynert).

Anse pédonculaire. — L'anse pédonculaire peut être considérée comme un pédoncule de la couche optique. Gratiolet lui a donné ce nom. On l'appelle encore *substance innominée.*

L'anse pédonculaire a son *extrémité interne* dans la couche optique où elle pénètre par sa partie inférieure et interne.

Son *corps*, l'anse proprement dite, émerge du cerveau au bord interne du pédoncule cérébral, et contourne la face inférieure du pédoncule au-dessous de la bandelette optique qui le cache.

Son *extrémité externe* pénètre dans l'hémisphère au-dessous du noyau lenticulaire.

L'anse pédonculaire serait formée de quatre couches, selon Meynert. La *première*, la plus profonde, aurait son origine dans le noyau lenticulaire, le noyau caudé et même dans les circonvolutions; elle passerait dans les lames médullaires du noyau lenticulaire, puis au-dessous du pédoncule pour se terminer, d'un côté à la couche optique, de l'autre à la région sous-thalamique et au corps de Luys; quelques fibres pourraient être suivies dans la formation réticulaire de la calotte du pédoncule, dans le noyau de Stilling et même jusqu'au pédoncule cérébelleux supérieur, qu'elles accompagneraient, suivant quelques auteurs, jusqu'au cervelet. La *deuxième* consisterait en une mince couche de cellules nerveuses étendue du côté externe du noyau lenticulaire à l'espace perforé antérieur. La *troisième* viendrait de l'écorce du lobe temporal et du lobe de l'insula, croiserait la face inférieure du pédoncule cérébral, et se terminerait dans le noyau interne de la couche optique. La *quatrième*, ayant la même origine que la troisième, remonterait le long de la face interne de la couche optique, entre le pilier antérieur du trigone et le faisceau de Vicq d'Azyr, et se continuerait avec les fibres du stratum zonale de la couche optique.

Les *centres de Luys*. — Luys avait cru remarquer que la couche optique renferme des groupes de cellules ou noyaux, auxquels aboutissaient toutes les fibres sensitives. Il appelait *centre médian* celui qui serait en connexion avec les fibres sensitives générales, *centre olfactif* un centre qui recevrait les fibres olfactives par le tænia semi-circularis, *centre optique*, un autre centre en arrière du précédent, et enfin un *centre auditif* situé à la partie postérieure de la couche optique. Les idées de Luys n'ayant pas prévalu, nous ne nous arrêterons pas plus longtemps sur ce point.

Corps striés.

Après avoir dépassé la couche optique, les fibres ascendan
et descendantes du pédoncule cérébral traversent le co
dans l'épaisseur duquel elles forment la *capsule*

partie du corps strié située en dedans de la capsule est le *noyau caudé*, la partie qui est en dehors est le *noyau lenticulaire*.

Noyau caudé. — La substance grise du noyau caudé a la même structure dans toute l'étendue du noyau. Ce sont d'abondantes cellules nerveuses, de moyen volume, 40 à 60 μ, à prolongements protoplasmiques dirigés dans tous les sens, et à cylindraxes, courts pour la plupart, et se terminant dans la substance du noyau caudé ; les cylindraxes longs sortent du noyau caudé avec les fibres nerveuses qui se trouvent à la face inférieure et aux extrémités du noyau.



Fig. 551. — Coupe horizontale du cerveau passant par la couche optique et le corps strié.

1, 2, première et deuxième circonvolutions frontales. — 3, troisième circonvolution frontale. — 4, couche optique. — 5, en haut, coupe du noyau caudé. — 5, en bas, coupe du noyau lenticulaire. — 6, segment antérieur de la capsule interne. — 7, deuxième segment du noyau lenticulaire. — 8, faisceau occipito-frontal. — 9, fibres de la couronne rayonnante. — 10, avant-mur. — 11, fibres du corps calleux. — 12, noyau antérieur de la couche optique. — 13, lame médullaire interne du thalamus. — 14, zone grillagée. — 15, insula de Reil. — 16, noyau externe du thalamus.

Des fibres nerveuses établissent des *relations* entre le corps strié, le noyau lenticulaire, la couche optique, le pédoncule cérébral et les circonvolutions.

Les *fibres lenticulo-caudées* partent de la partie antérieure et externe du noyau caudé et se jettent dans la partie antérieure du noyau lenticulaire en passant par la partie antérieure de la capsule interne ; elles sont *transversales*. D'autres fibres, *verticales*, vont de la face inférieure du noyau caudé aux segments internes du noyau lenticulaire.

Les fibres *thalamo striées* se portent de la partie antérieure du noyau caudé à la face externe du thalamus en traversant le segment postérieur et le genou de la capsule interne. Elles ont été déjà citées (voy. *Couches optiques*).

Les fibres *pédonculo-caudées* sont rares. Elles partent de la face inférieure du noyau caudé, traversent le noyau lenticulaire au niveau de ses lames médullaires, et se dirigent vers la calotte du pédoncule cérébral, en passant dans la région sous-thalamique.

Les fibres *cortico-caudées* naissent du bord externe du noyau caudé, font partie de la *couronne rayonnante de Reil*, abandonnant des collatérales aux cellules du noyau lenticulaire, selon Cajal, et se terminent à l'écorce du lobe frontal et du lobe pariétal.

Noyau lenticulaire. — Sa structure est identique à celle du noyau caudé; les fibres nerveuses y sont plus nombreuses. Ses *relations* fibrillaires sont formées de fibres cortico-lenticulaires, lenticulo-optiques, lenticulo-caudées et lenticulo-pédonculaires.

Les *cortico-lenticulaires* viennent de la partie externe du noyau lenticulaire, face et bords. Elles rayonnent dans tous les sens et se portent à l'écorce des circonvolutions frontales et pariétales; quelques-unes se dirigent transversalement vers l'écorce de l'insula (Meynert); d'autres descendent des segments internes du noyau lenticulaire et se rendent à l'écorce des circonvolutions temporales de la face inférieure du cerveau.

Les *lenticulo-optiques* sont des fibres *en anse* qui s'étendent de la face inférieure du noyau lenticulaire à la face inférieure de la couche optique.

Les *lenticulo-caudées* sont, les unes transversales, unissant la partie antérieure des deux noyaux, les autres verticales, s'étendant de la face inférieure du noyau caudé aux segments internes du noyau lenticulaire.

Les *lenticulo-pédonculaires* descendent de la partie externe et inférieure du noyau lenticulaire et se jettent dans le pédoncule cérébral en formant des anses au-dessous de la couche optique.

Structure des circonvolutions cérébrales.

Maintenant que nous connaissons la structure des ganglions opto-striés, qui forment la face inférieure des ventricules latéraux, il nous sera facile de faire comprendre la structure de la substance qui entoure de tous côtés ces ventricules.

Comme toutes les fibres partent de l'écorce des circonvolutions, il est logique de commencer par cette écorce.

1° *Substance grise des circonvolutions.*

La couche grise des circonvolutions est encore appelé *écorce*, *manteau des hémisphères*, ou *substance corticale*.

Son épaisseur varie depuis 1 jusqu'à 5 millimètres. Elle varie selon les régions, l'âge, les sujets. Elle est plus épaisse au sommet

des circonvolutions, plus épaisse chez les jeunes sujets et plus épaisse dans la région rolandique. Mince à la région occipitale, la



Fig. 552. — Cellules nerveuses variées.

A, cellules du corps strié. — B, cellules de la couche optique. — C, cellules des circonvolutions (Gross. 350).

couche corticale présente une épaisseur égale et régulière dans le lobe frontal.



Fig. 553. — Coupe de la circonvolution pariétale ascendante (faible grossissement).

a, couche externe de la zone moléculaire. — *b*, couche des petites cellules pyramidales. *c*, *d*, couche des grandes cellules pyramidales. — *e*, substance blanche.

Dès 1840, Baillarger a montré que l'écorce cérébrale est formée de zones concentriques alternativement claires et foncées, au

nombre de six. Ce sont les stries de Baillarger. Il se plaisait à me les montrer quand j'étais son interne en 1859. Dans certaines régions, on ne retrouve pas ces six couches superposées.

La substance grise des circonvolutions renferme une quantité considérable de cellules nerveuses mêlées à des fibres. La prédominance des fibres et des cellules dans les différentes hauteurs donne un aspect blanc ou gris aux diverses couches. Comme dans la substance grise de la moelle, ces éléments sont soutenus par une *charpente de névroglie* qui se condense à la surface du cerveau pour former la couche sous-pie mérienne, ou *névroglie marginale* (voy. *Moelle*).

Nous étudierons séparément les cellules nerveuses et les fibres nerveuses.



Fig. 554. — Coupe de l'écorce grise cérébrale (d'après Ramon y Cajal).

1, couche moléculaire. — 2, couche des petites cellules pyramidales. — 3, couche des grandes cellules pyramidales. — 4, couches des cellules polymorphes. — 5, substance blanche.

Cellules nerveuses. — On admet généralement quatre couches de cellules nerveuses, d'après Ramon y Cajal. La plus superficielle est la *couche moléculaire*, la deuxième est la *couche des petites cellules pyramidales*; viennent ensuite la *couche des grandes cellules pyramidales* et enfin la *couche des cellules polymorphes*.

1° *Couche moléculaire*. — Cette couche ne mesure pas plus d'un quart de millimètre. Elle est formée d'un réseau de fibrilles contenant trois sortes de cellules, polygonales, fusiformes et triangulaires.

Les *cellules polygonales*, multipolaires, sont anguleuses, de dimension moyenne; elles émettent par leurs angles, des *prolongements protoplasmiques*, et un prolongement cylindraxile, qui naît tantôt de la cellule, tantôt d'un prolongement protoplasmique. Les cellules sont disséminées, et les prolongements protoplasmiques radiés. Quant au *cylindraxe*, ascendant ou horizontal, il se ramifie en filaments variqueux qui se terminent dans la couche moléculaire.

Les *cellules fusiformes*, généralement bipolaires, ont leur grand axe parallèle à la surface du cerveau. De la cellule partent deux *prolongements protoplasmiques* qui se dirigent vers la surface du cerveau et fournissent un grand nombre de fibrilles libres

Chaque cellule donne naissance à deux ou trois *cylindraxes* qui naissent des prolongements protoplasmiques se dirigent parallèlement à la surface de l'écorce cérébrale et se terminent dans la couche moléculaire par des extrémités libres, avec quelques varicosités sur leur trajet.

Les *cellules triangulaires* ont trois pôles, au lieu de deux comme les fusiformes. Appelées encore *cellules de Cajal*, elles sont remarquables par la multiplicité de leurs prolongements.

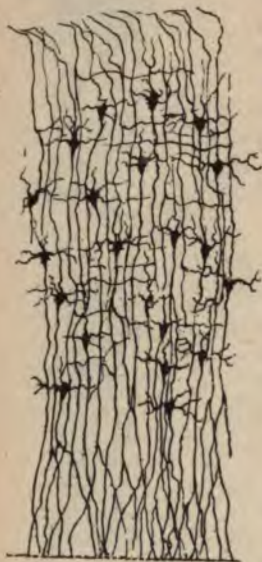


Fig. 555. — Quelques cellules de l'écorce cérébrale d'une souris blanche âgée de neuf jours (d'après Van Gehuchten).

2° *Couche des petites cellules pyramidales.* — Cette couche a la même épaisseur que la première. Les cellules qui la constituent, *cellules psychiques* de Cajal, sont petites, 25 μ, et disposées sur plusieurs couches, mais les cellules profondes sont plus volumineuses, et forment une transition régulière avec les grosses cellules de la troisième couche. Toutes les cellules pyramidales ont une base centrale et un sommet périphérique. Leur *structure* présente quelques particularités. Le protoplasma est granuleux, strié et renferme un amas de granulations pigmentaires, jaunâtres, vers la base de la cellule. Le noyau est gros, ovalaire, et contient un nucléole brillant.

Les *prolongements protoplasmiques* sont nombreux. L'un d'eux, *ascendant*, le premier qui apparaît, part du sommet des cellules et s'épanouit dans la couche moléculaire en un beau panache dont les ramifications sont hérissées d'épines très courtes. Les autres, dits *collatéraux*, naissent de la base ou des côtés de la cellule et se terminent par des extrémités libres à une petite distance de leur origine.

Le *cylindraxe* naît de la base de la cellule. Il n'y en a qu'un par cellule, il peut naître d'un prolongement protoplasmique. Il pénètre dans la substance blanche pour former le cylindraxe d'une fibre nerveuse.

Il semblerait, d'après Cajal, que le volume de ces petites cellules est en rapport avec le degré de développement de l'intelligence.

Très développées chez l'homme, elles le sont aussi chez les animaux et leur volume diminue à mesure qu'on descend les degrés de l'échelle zoologique.

3° *Couches des grandes cellules pyramidales.* — Elles ont la même forme que les précédentes et elles sont moitié plus volumineuses. On en rencontre de volumineuses dans les régions rolandiques, 50 μ environ. Ce sont les *cellules géantes* de Betz. Les *nids de Betz* sont de petits groupes de trois à cinq cellules nerveuses disséminés dans cette couche.

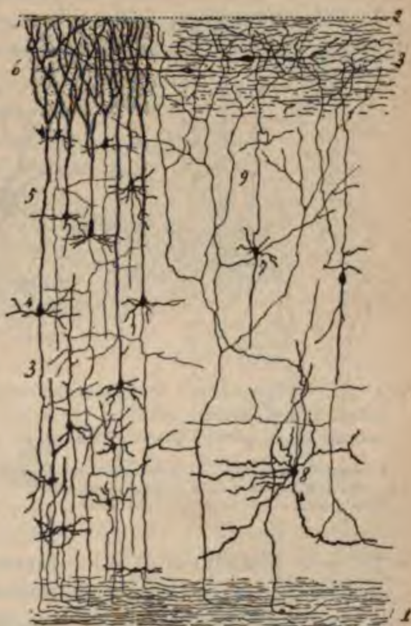


Fig. 556. — Structure de la couche corticale grise des circonvolutions (d'après Ramon y Cajal).

1, substance blanche. — 2, 3 en haut, couche moléculaire; à droite, fibres nerveuses horizontales de la couche moléculaire; 6, à gauche, prolongements cylindraxiles. — 3, 4, 5, couche moyenne, ou des cellules pyramidales. Au-dessous de 3, couche interne, ou des cellules polymorphes. — 7, 8, cellules de névroglie.

4° *Couche des cellules polymorphes.* — Cette couche renferme des cellules nerveuses, de forme très différente. Elle est plus épaisse que les autres couches. Les *prolongements protoplasmiques* de ces cellules ne remontent pas jusque dans la couche moléculaire, et le *prolongement cylindraxile*, fin et descendant, donne trois ou quatre collatérales, avant de passer dans la substance blanche, pour se continuer avec une fibre nerveuse.

On trouve dans cette couche, comme dans la deuxième et la troisième, des *cellules de Golgi*, à cylindraxe court, qui se résout, dans l'écorce cérébrale même, en ramifications terminales. Nous avons vu ces mêmes cellules dans la substance grise de la moelle. On trouve encore dans ces trois couches des cellules à *cylindraxe ascendant* (cellules de Martinotti), qui monte vers la couche moléculaire et se divise en deux ou trois branches; celles-ci fournissent des arborisations terminales disposées parallèlement à la surface du cerveau

Fibres nerveuses. — Les cellules nerveuses formant les quatre couches que je viens de décrire sont enfermés dans un réseau extrêmement riche de fibres nerveuses, *fibres de l'écorce*, dont les unes traversent perpendiculairement la substance grise (fibres radiées), tandis que les autres ont une direction horizontale, parallèle à la surface du cerveau (fibres tangentielles).

1° *Fibres radiées.* — Ces fibres, fort nombreuses, partent des diverses cellules de l'écorce et se dirigent vers les fibres de la



Fig. 557. — Une cellule de la substance grise du cervelet d'un chat âgé de quinze jours, cellule du type II de Golgi (d'après Retzius). — La courbe externe et la courbe interne indiquent les limites de la zone moléculaire.

1, corps de la cellule. — 2, ramifications du cylindraxe. — 3, 3, pénétration de quelques-unes des ramifications dans la zone moléculaire. — 4, 4, dendrites dans la zone moléculaire. — 5, zone granuleuse externe embryonnaire.

substance blanche dont elles forment le cylindraxe. Ce sont les cylindraxes des cellules pyramidales grandes et petites, des cellules polymorphes et des cellules de Martinotti (cylindraxe ascendant). Les grosses fibrilles sont revêtues de myéline, les fines fibrilles sont nues.

2° *Fibres tangentielles.* — Ces fibres cheminent parallèlement à la surface du cerveau et sont disposées sur quatre plans alternant avec les couches des cellules. Ces plans sont de dehors en dedans : 1° le réseau d'Exner; 2° la strie de Bechterew; 3° la strie externe de Baillarger; 4° les fibres d'association intra-corticales de Meynert, et une mince couche blanche ou strie interne de Baillarger.

Le *réseau d'Exner*, ou *plexus externe* de Cajal, est mince et occupe la moitié superficielle de la couche moléculaire. Les fibres du réseau d'Exner sont des prolongements des cellules de la couche moléculaire.

La *strie de Bechterew*, plus développée sur le lobe occipital, est située entre la couche moléculaire et la couche des petites cellules pyramidales.

La *strie externe de Baillarger*, épaisse d'un demi-millimètre, est située à la partie profonde des grandes cellules pyramidales.

Les *fibres d'association intra-corticales* de Meynert, situées au-dessous de la couche des cellules polymorphes, constituent un feutrage très serré, tellement qu'en certains point elles forment des bandes de fibres nerveuses, comme au lobe frontal par exemple.

Toutes ces couches fibrillaires tirent leur origine des divers cylindraxes des fibres de substance blanche, des collatérales des cylindraxes des cellules pyramidales et polymorphes, des ramifications des cylindraxes courts de Golgi, et des collatérales des cylindraxes ascendants des cellules de Martinotti.



Fig. 558. — Schéma montrant la marche probable du courant nerveux et les connexions des cellules de l'écorce cérébrale (d'après Ramon y Cajal).

1, petite cellule pyramidale. — 2, grande cellule pyramidale. — 3, 4, cellules polymorphes. — 5, fibres nerveuses terminales. — 6, collatérales des fibres de la substance blanche. — 7, cylindraxe bifurqué d'une grande cellule pyramidale.

Structure de quelques régions particulières. — On a noté quelques différences dans la structure des circonvolutions de l'insula, du lobe occipital, du lobe olfactif et de la région de la corne d'Ammon.

a. Dans la substance corticale des *circonvolutions de l'insula*, Mundino a signalé deux particularités : 1° à la partie profonde de la couche des cellules polymorphes, un grand nombre de cellules fusiformes dont les prolongements protoplasmiques, très nombreux, forment une couche serrée entre la substance grise et la substance blanche ; 2° des cellules pyramidales spéciales, dont le cylindraxe, ascendant, se recourbe pour devenir descendant.

b. Dans le *lobe occipital*, la *couche moléculaire* est plus mince que dans les ciconvolutions rolandiques. Couche des fibres tangentielles très serrée. Quelques cellules de Golgi à cylindre court. Beaucoup de cellules de Cajal.

A la face profonde de la couche moléculaire, il existe une nouvelle couche découverte par Cajal, la *couche des cellules fusiformes verticales*. Elle est située au-dessous de la couche moléculaire et formée par deux ou trois rangées de cellules fusiformes dirigées perpendiculairement à la surface du cerveau. Des deux prolonge-

ments protoplasmiques, le *descendant* donne naissance au cylindraxe qui pénètre dans la substance blanche. Quelques-unes de ces cellules sont dépourvues de dendrites ascendantes.

Dans la *couche des petites cellules pyramidales*, on trouve, mêlées aux petites cellules pyramidales, des cellules fusiformes implantées perpendiculairement, comme dans la couche précédente, et des cellules de Martinotti, à cylindraxe ascendant.

Dans cette région, la strie interne de Baillarger n'existe pas, il n'y a qu'une strie blanche très large, répondant à la strie externe de Baillarger et nommée *ruban de Vicq d'Azir* et mieux *raie de Gennari*, parce que Gennari l'a signalée avant Vicq d'Azyr.

3° et 4° Nous parlerons plus tard du *lobe olfactif* et de la région de la *corne d'Ammon*.

2° *Substance blanche des hémisphères.*

La substance blanche des hémisphères, comme la substance grise, est formée d'éléments ayant pour support, pour soutien, *fulcrum*, la névroglie. Ces éléments sont des fibres nerveuses et des vaisseaux.

Les fibres nerveuses sont des fibres à myéline, dépourvues de gaine de Schwann ; aussi sont-elles adhérentes entre elles et difficiles à dissocier. Elles présentent toutes sortes de directions, et s'entremêlent de telle façon, qu'on ne peut pas les dégager les unes des autres, même sur les cerveaux durcis. Il faut, pour étudier la direction de ces fibres blanches, avoir recours à des cerveaux d'embryons, à l'anatomie pathologique ou à la pathologie expérimentale. Ne pas oublier qu'il y a une cellule nerveuse à chacune des extrémités d'une fibre.

Division. — Les fibres des hémisphères cérébraux sont de trois ordres : 1° les *fibres d'association* qui relient deux points rapppochés ou éloignés du même hémisphère ; 2° des *fibres commissurales* mettant en communication deux points symétriques des deux hémisphères ; 3° des fibres, différentes des deux premières, qui mettent la couche corticale du cerveau en rapport avec les parties centrales, ou inférieures, de l'axe cérébro-spinal, appelés *fibres de projection*.

1° *Fibres d'association.* — Ces fibres sont courtes ou longues. Elles sont fort nombreuses.

α. *Fibres courbes* ou *arquées.* — Les fibres arquées relient deux circonvolutions voisines. Quelquefois elles passent au-dessous d'une circonvolution sans l'atteindre. Elles naissent le plus souvent des cellules nerveuses des faces latérales des circonvolutions, rarement du sommet, de sorte qu'elles ont la forme d'un U, dont

la concavité contourne le fond d'un sillon, d'une anfractuosité. On trouve ces fibres très abondantes dans l'insula. On les appelle encore *fibres arquées d'Arnold*, *fibres en* U, *fibres de Meynert*. Ces fibres sont toujours perpendiculaires au sillon au-dessous duquel elles passent.

β. *Fibres longues*. — Elles forment des faisceaux mettant en relation deux points plus ou moins éloigés du même hémisphère. On en connaît cinq : le cingulum, le faisceau arqué, le faisceau lon-



Fig. 559. — Schéma des fibres des circonvolutions.

1, fibres commissurales. — 2, 2, fibres de projection étendues de la base du cerveau aux circonvolutions. — 3, fibres d'association. — 4, fibres cortico-thalamiques. — 5, tassement des fibres allant former les pédoncules cérébraux. — 6, 7, corps opto-striés.

gitudinal inférieur, le faisceau uncinatus et le faisceau occipital frontal.

a. *Cingulum*. — On appelle ainsi, depuis Burdach, un faisceau de fibres courbes, situé à la face interne de l'hémisphère, dans l'épaisseur de la première circonvolution limbique : on n'en connaît pas l'usage.

Il entoure complètement le corps calleux. Son corps est situé sur les parties latérales du corps calleux, il s'étend, en hauteur jusqu'à la scissure calloso-marginale ; sa face interne, concave, embrasse le *tænia tecta* et l'écorce grise de la première circonvolution limbique; sa face externe est dissociée par les fibres du corps calleux qui se portent en haut et en dehors.

On ne connait pas exactement l'origine et la terminaiso[illegible] cingulum. Ses deux extrémités se terminent à la substance [illegible] rée antérieure, pour Foville, aux deux racines olfactives inte[illegible]

externe pour Broca ; l'une de ses extrémités se termine au noyau amygdalien, pour Meynert.

Le cingulum est composé de trois faisceaux (Beevor) : le faisceau *antérieur* s'étend de l'espace perforé antérieur à l'extrémité antérieure du lobe frontal ; le faisceau *supérieur*, horizontal, relie la partie antérieure de la première circonvolution limbique aux circonvolutions internes et externes de l'hémisphère ; le faisceau postérieur est situé dans la circonvolution de l'hippocampe, qu'il relie au lobule lingual et au lobule fusiforme.

On lui donne encore le nom de *faisceau de l'ourlet*.

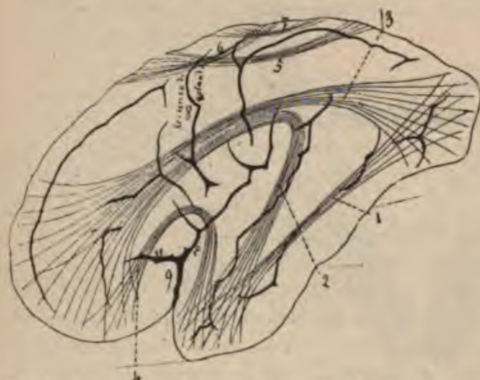


Fig. 560. — Fibres d'association des hémisphères.

1, faisceau longitudinal inférieur (occipito-temporal). — 2, faisceau arqué (fronto-temporal). — 3, faisceau longitudinal supérieur (occipito-fronto-temporal). — 4, faisceau unciforme (fasciculus uncinatus) contournant le fond de la scissure de Sylvius. — 5, 6, 7, faisceaux d'association de différentes longueurs. — 8, scissure de Rolando et circonvolutions fronto-pariétales. — 9, scissure de Sylvius. — 11, branche antérieure. — 12, branche postérieure.

b. *Faisceau arqué*. — Le faisceau arqué de Burdach, ou *fronto-temporal*, décrit une courbe ouverte en bas et en avant, autour de l'insula de Reil. La partie supérieure est située entre le bord supérieur du putamen et le sillon marginal de l'insula, dissociant la partie supérieure de l'avant-mur. Ses fibres croisent les fibres cortico-striées de la couronne rayonnante et les fibres du corps calleux. L'angle inférieur de la coupe correspond à la capsule externe (fig. 560, 2).

c. *Faisceau longitudinal inférieur*. — Ce faisceau s'étend du pôle temporal au pôle occipital de l'hémisphère; il est situé sur le bord externe de l'hémisphère. Il a la forme d'une gouttière ouverte en haut et en dedans. Dans la partie temporale, il se confond avec les fibres de projection des lobes temporal et pariétal et recouvre la partie postérieure de la capsule interne. En avant de ce point, il entoure la partie postérieure et inférieure du putamen, puis contourne la partie courbe du ventricule latéral, et atteint le noyau amygdalien (fig. 560, 1). Ce faisceau est encore appelé *fai ceau occipito-temporal*.

d. *Faisceau unciforme*. — Ce faisceau est le plus petit des cinq faisceaux. Il s'étend du pôle temporal à la face inférieure ou

orbitaire du lobe frontal. Ses fibres les plus internes sont tellement arquées qu'on lui a donné le nom d'*uncinatus* ou *crochu ;* les plus externes sont presque rectilignes, et même concaves en dehors (fig. 460, 4).

Son *extrémité antérieure* se porte en avant et en dedans et passe entre le putamen et la substance perforée antérieure. Puis, ses fibres s'entre-croisent, au niveau du sillon olfactif, avec les fibres du genou du corps calleux, et se termine à la partie interne de la première circonvolution frontale. Les fibres les plus supérieures se rendent dans le gyrus rectus et dans la partie orbitaire des première et troisième circonvolutions frontales.

Son *extrémité postérieure* brise la substance grise qui relie l'avant-mur au noyau amygdalien et à l'écorce temporale, près de la substance perforée antérieure. Elle s'entre-croise ensuite avec le faisceau longitudinal inférieur et se termine en s'irradiant, dans la circonvolution du crochet, et dans la partie antérieure du lobe temporal.

e. *Faisceau occipito-fronto-temporal.* — Ce faisceau nommé aussi *faisceau longitudinal supérieur* concourt à former la voûte du ventricule latéral. Il est situé en dedans du pied de la couronne rayonnante de Reil, au-dessous et en dehors du corps calleux. Dirigé d'arrière en avant, ce faisceau est situé entre le cingulum et le faisceau arqué. Le pied de la couronne rayonnante le sépare du faisceau arqué, et l'épaisseur du corps calleux le sépare du cingulum. Recouvert en bas par la membrane ventriculaire, ce faisceau longe le bord externe du ventricule latéral. Son *origine* a lieu sur toute l'étendue du lobe frontal ; dans son trajet il donne des fibres qui concourent à former la capsule externe, et il se termine dans les circonvolutions occipitales. Il forme le *tapetum* et une partie des fibres du *forceps major*.

2° *Fibres commissurales.* — Les fibres commissurales, je l'ai déjà dit, relient entre eux deux points symétriques des deux hémisphères. Le corps calleux, la commissure blanche antérieure et le faisceau commissural de la corne d'Ammon sont formés de fibres commissurales.

a. *Corps calleux.* — Cette énorme commissure relie la substance grise des circonvolutions de toute l'étendue des deux hémisphères. (voy. *Corps calleux*). Il est formé de fibres transversales, parallèles, qui s'entre-croisent sur ses bords avec les fibres de la cou ronne rayonnante. Dans leur trajet, ces fibres émettent des co latérales qui affectent diverses directions et se terminent par arborisations dans les cellules de la substance corticale. calleux n'est donc pas composé uniquement de fibre

surales proprement dites, mais de *fibres d'association interhémisphériques.*

b. *Commissure blanche antérieure du cerveau et faisceau commissural de la corne d'Ammon.* — Ces commissures ont été décrites (voy. *Commissure antérieure* et *Trigone cérébral*).



Fig. 561. — Coupe verticale et transversale du cerveau selon la ligne C de la figure 526 (d'après Van Gehuchten).

1, 2, 3, les trois circonvolutions frontales. — 4, sillons. — 5, sillon temporal supérieur. — 6, avant-mur. — 7, fibres du faisceau pyramidal. — 8, couche optique. — 9, capsule externe. — 10, corps calleux. — 11, coupe du trigone. — 12, noyau caudé.

3° *Fibres de projection.* — Les fibres de projection sont toutes celles qui émanent de la couche corticale des circonvolutions et qui se portent aux masses grises intra-ventriculaires, aux pédoncules cérébraux, à la protubérance, au bulbe rachidien et à la moelle.

Ces fibres forment deux groupes : celles qui vont aux ganglions opto-striés, et dont l'ensemble constitue la *couronne rayonnante* de Reil, et celles qui passent entre les noyaux caudé et lenticulaire pour former la *capsule interne.*

a. *Fibres de la couronne rayonnante.* — Nous les avons décrites avec la structure de la couche optique, du noyau caudé et du noyau lenticulaire, et nous les avons désignés sous le nom de fibres *cortico-striées, cortico-lenticulaires* et *cortico-thalamiques.* Ces fibres, entremêlées avec les fibres commissurales et avec les fibres d'association, forment la substance blanche des hémisphères cérébraux.

b. *Fibres de la capsule interne.* — Nées des circonvolutions rolandiques, en des points qui seront précisés plus loin, ces fibres partent de diverses régions des circonvolutions et vont dans l'épaisseur du corps strié, entre le noyau caudé et le noyau lenticulaire, où elles forment la capsule interne.

Ces fibres sont les unes motrices les autres sensitives.

Leurs rapports dans la capsule interne. — Parties des circonvolutions, les fibres forment dans la capsule interne, cinq groupes ou faisceaux : le faisceau géniculé, le faisceau pyramidal, le faisceau sensitif, le faisceau cortico-protubérantiel postérieur et le groupe cortico-protubérantiel antérieur. Les deux premiers sont descendants (faisceaux moteurs volontaires), les autres sont ascendants, ou sensitifs.

Fibres motrices ou *descendantes.* — *Faisceau géniculé.* — Ces fibres partent des cellules nerveuses du quart inférieur des deux circonvolutions rolandiques, ainsi que du pli de passage inférieur qui les unit. Elles se dirigent transversalement en dedans et convergent pour former un faisceau mince qui atteint le *genou* de la capsule interne, genou formé par le sommet du segment interne du noyau lenticulaire. Dans la capsule interne, située entre le noyau caudé et le noyau lenticulaire, le faisceau géniculé occupe la partie la plus antérieure du segment postérieur. Ce faisceau préside aux mouvements de la face et de la langue (fig. 562).

Faisceau pyramidal. — Ce faisceau, destiné aux mouvements volontaires des muscles du tronc et des membres, naît des cellules de la région rolandique et plus spécialement des trois quarts supérieurs des circonvolutions frontale ascendante, et pariétale ascendante, ainsi que du lobule paracentral. De ces divers points les fibres convergent vers le corps strié et passent entre le noyau lenticulaire et le noyau caudé, dans le segment postérieur de la capsule interne, en arrière du faisceau géniculé. Chaque fascicule du faisceau pyramidal se porte à des muscles déterminés, et, dès à présent, nous savons que les fibres donnant le mouvement aux membres inférieurs (quart supérieur des circonvolutions rolandiques et lobule paracentral) sont différentes de celles des mouvements du membre inférieur (deux quarts moyens des deux circonvolutions rolandiques).

Les fibres de ces faisceaux, venues des zones motrices, s'entrecroisent avec les fibres commissural[illegible] et les fibres de la couronne rayonnante (fig. 5[illegible]

Fibres sensitives ou *ascendan*[illegible] Venu des parties les plus inférieures d[illegible] nt

deux fois de nom (1), le faisceau sensitif occupe le segment postérieur de la capsule interne, en arrière du faisceau pyramidal. Ses fibres se mêlent ensuite aux fibres du faisceau pyramidal, en divergeant, et se terminent aux cellules nerveuses de la *zone corticale,* où siègent les centres moteurs. Cette zone motrice, réservée jusqu'à ce jour aux centres moteurs, renferme donc aussi les

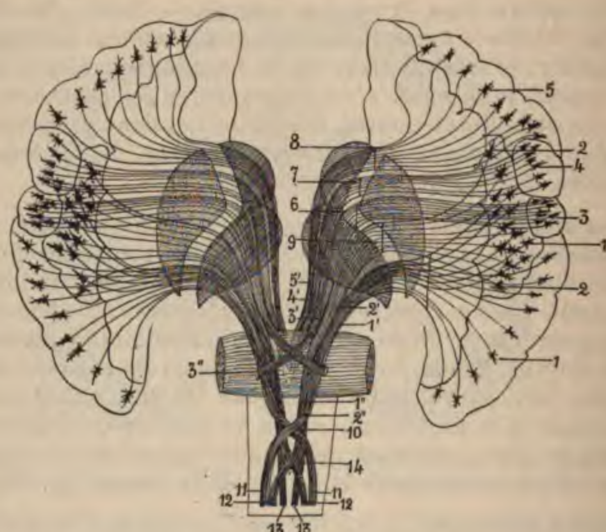


Fig. 562. — Les divers faisceaux moteurs et sensitifs traversant le cerveau de haut en bas et faisant partie de la capsule interne. La couche optique et le noyau caudé sont supposés transparents.

1, 1, terminaison du faisceau sensitif ascendant de la capsule. — 1'', son entre-croisement dans le bulbe en arrière des pyramides. Les fibres courbes les plus postérieures (1') représentent le faisceau de Meynert. — 2, 2, cellule d'origine dans la zone sensitivo-motrice du faisceau pyramidal descendant, 2' atteignant le bulbe en 2''. — 3, cellules du faisceau géniculé 2' s'entre-croisant dans le bulbe en 3''. — 4, origine du faisceau de l'aphasie 4'. — 5, origine des fibres cortico-protubérantielles antérieures 4' ou faisceau psychique? — 6, genou de la capsule interne et faisceau géniculé. — 7 et 8, segment antérieur de la capsule interne. — 9, segment postérieur contenant le faisceau pyramidal 2' et le faisceau sensitif 1'. — 10, faisceau pyramidal atteignant le bulbe. — 11, faisceau sensitif ascendant avant son entre-croisement. — 12, faisceau pyramidal latéral de la moelle après entre-croisement dans le bulbe 14. — 13, faisceau pyramidal direct.

centres sensitifs, et doit être dénommée désormais *zone sensitivo-motrice* de l'écorce cérébrale.

Les fibres qui composent le faisceau sensitif sont, en grande majorité, celles du *ruban de Reil* (faisceau terminal interne). On y trouve aussi une partie des fibres constituant le *faisceau acoustique*, le plus externe dans le ruban de Reil, situé en arrière de la capsule, et se terminant dans les deux premières circonvolutions

(1) Cordon postérieur d'abord, ruban de Reil ensuite.

temporales. Il est probable qu'il renferme encore les fibres *gustatives*. Dans la partie la plus reculée de la capsule, *segment rétro-lenticulaire*, se trouvent les fibres *optiques*.

Faisceau cortico-protubérantiel postérieur. — Ce faisceau, appelé encore *faisceau de Meynert*, déjà décrit, est formé de fibres venant des *noyaux du pont*, dans la protubérance. Il occupe la partie inférieure et postérieure de la capsule, en arrière du faisceau sensitif, et va se terminer dans les circonvolutions temporales. On n'a pas bien précisé ce point de terminaison.

Groupe des fibres cortico-protubérantielles antérieures. — Ces fibres se trouvent mêlées aux fibres motrices des faisceaux géniculé et pyramidal, dont elles suivent exactement le trajet, pour se terminer dans la *zone sensitivo-motrice*.

Prolongements des faisceaux de la capsule interne. — J'ai déjà expliqué la continuité des faisceaux de la capsule interne. Je la résume en quelques mots.

Parti du segment postérieur de la capsule interne, dont il occupe la partie antérieure, ou genou, le *faisceau géniculé* se porte au pédoncule cérébral, en se maintenant toujours en avant et en dedans du faisceau pyramidal. Il traverse le pédoncule, parallèlement à son congénère, s'entre-croise sur la ligne médiane, et se termine aux noyaux des nerfs moteurs bulbo-protubérantiels.

Le *faisceau pyramidal*, comme le géniculé, passe au-dessous de la couche optique et atteint le milieu du pied du pédoncule, ayant en dedans le faisceau géniculé et en dehors le faisceau sensitif. Il parcourt le pédoncule cérébral et le pont de Varole, pour arriver au bulbe où il forme la pyramide antérieure. Dans le bulbe, il se divise en faisceau pyramidal latéral et faisceau pyramidal direct (voy. *Moelle et Bulbe*). Dans son trajet, ce faisceau diminue de volume parce qu'il abandonne des filets nerveux aux divers noyaux d'origine des nerfs moteurs craniens.

Le *faisceau sensitif*, à trajet ascendant, est formé, en bas, par le cordon postérieur de la moelle dont les fibres se terminent aux noyaux de Goll, de Burdach et de Bechterew, qui constituent un *relai de neurones sensitifs*. De ces noyaux partent trois faisceaux s'unissant pour former le ruban de Reil, ruban aplati qui parcourt la protubérance et les pédoncules cérébraux. Dans le pédoncule cérébral, il occupe le cinquième externe du pied avec le faisceau acoustique qui s'est uni à lui.

Puis, il passe au-dessous de la couche optique et se port[illegible]
le segment postérieur de la capsule interne, en arrière d[illegible]
pyramidal.

Le *faisceau cortico-protubérantiel postérieur*, [illegible]

du pont de Varole, occupe aussi le côté externe du pied du pédoncule, au-dessous du faisceau sensitif. Il se dégage de la capsule à la moitié de sa hauteur pour se rendre directement en dehors, dans les circonvolutions temporales.

Le *groupe des fibres cortico-protubérantielles antérieures*, nées également dans les noyaux du pont, montent dans la capsule interne, mélangées aux fibres des faisceaux moteurs.

Il est à remarquer que tous les faisceaux, moteurs et sensitifs du pédoncule cérébral, occupent seulement le segment postérieur de la capsule interne ; le segment antérieur est occupé en grande partie par les fibres cortico-thalamiques, dont le pédoncule antérieur de la couche optique fait partie.

E. — DÉVELOPPEMENT DES CENTRES NERVEUX

(Moelle, bulbe rachidien, protubérance, cervelet, pédoncules cérébraux et cerveau).

La totalité des centres nerveux, issus de l'ectoderme, a pour origine la *gouttière médullaire*, ou *neurale*, qui se montre dès le début de la fécondation. Cette gouttière se transforme en *canal*

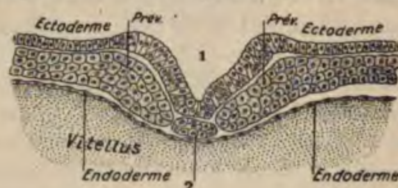


Fig. 563. — Coupe transversale d'un embryon de poulet après quelques heures d'incubation.

1, gouttière neurale dont les bords se rapprocheront pour former le canal neural. 2, corde dorsale.

neural. Le canal neural, étroit du côté de l'extrémité caudale de l'embryon, forme la *moelle épinière;* plus large, vers l'extrémité céphalique, il donnera naissance à l'*encéphale*. Nous avons à examiner le canal neural, le développement de la moelle et celui de l'encéphale.

Canal neural. — Après dix-sept heures d'incubation, la *gouttière neurale* apparaît en avant de la ligne primitive, sur l'axe longitudinal de l'œuf. Les deux bords de cette gouttière forment deux crêtes qui se rapprochent et se soudent de manière à transformer la *gouttière neurale* en *canal neural* (1).

(1) *Canal neural, tube neural, canal médullaire, tube médullaire*, sont synonymes.

Les bords de la gouttière commencent à se souder vers sa partie moyenne, à l'extrémité supérieure de la moelle, puis la soudure s'étend, en avant d'abord, en arrière ensuite, mais elle n'est pas complète et il reste une ouverture à chaque extrémité du canal neural. L'ouverture antérieure est le *neuropore antérieur* ou *fente vertico-médiane* (fig. 564, 10), l'ouverture postérieure est le *neuropore postérieur* ou *sinus rhomboïdal* (fig. 565, 6).

Neuropore antérieur. — La fente vertico-médiane, qui se trouve à l'extrémité du canal neural, a deux lèvres, au niveau desquelles les cellules du canal se continuent avec celles de l'ectoderme.

Au moment où le neuropore se ferme, le tube neural se détache de l'ectoderme, et une mince membrane nerveuse ferme l'ouverture. Cette membrane est la *plaque* ou *lame terminale*. L'occlusion de cette ouverture précède celle du neuropore postérieur, mais on peut la constater jusqu'au dixième jour, chez le lapin. Elle se ferme dès que les vésicules oculaires primitives apparaissent. Chez un certain nombre de vertébrés, il persiste un petit neuropore, vestige de la fente vertico-médiane.



Fig. 564. — Cerveau d'un embryon de lapin d'environ neuf jours. Neuropore antérieur. Coupe longitudinale et verticale (d'aprés Prenant).

1, vésicule cérébrale antérieure. — 3, vésicule postérieure. — 4, courbure du vertex. — 5, courbure de la nuque. — 6, arrière-cerveau. — 7, en haut, vésicule moyenne. — 7, en bas, corde dorsale. — 8, cul-de-sac de l'intestin antérieur — 9, membrane pharyngienne. — 10, neuropore antérieur. — 11, ectoderme.

Neuropore postérieur. — Le sinus rhomboïdal s'oblitère un peu plus tard et, au moment de son occlusion, on peut reconnaître dans le tube neural : un *segment postérieur*, ou caudal, cylindrique, qui donnera naissance à la moelle épinière ; un *segment antérieur*, ou encéphalique, dans lequel se forment les vésicules cérébrales. Quelquefois, le sinus rhomboïdal s'arrête dans son développement et l'ouverture persiste ; on a alors le *spina bifida* ou *rachischisis*. Le défaut de soudure peut se montrer dans la région des vésicules cérébrales, et constituer l'*acranie* ou *cranioschisis*.

Les *rapports* du tube neural sont les suivants : du côté dorsal

il est en rapport avec l'ectoderme (épiderme), du côté ventral avec la corde dorsale dont l'évolution est très précoce. Sur les parties latérales, le tube neural est en rapport avec le *cordon ganglionnaire* de His, ou *crête neurale* de Balfour. Ce cordon, situé près de la face dorsale du canal neural, est une partie de l'ectoderme qui a été entraîné par les lames ou bords de la gouttière neurale, au moment de leur soudure. On l'appelle *ganglionnaire*, parce qu'il donne naissance aux *ganglions rachidiens*, et secondairement, par scission, aux *ganglions sympathiques* (Mathias Duval).

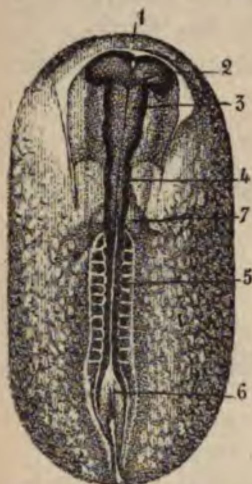


Fig. 565. — Embryon de poulet après vingt-neuf heures d'incubation (d'après Mathias Duval).

1, capuchon céphalique. — 2, saillie de la vésicule cérébrale antérieure donnant naissance à la vésicule oculaire. — 3, vésicule cérébrale moyenne. — 4, vésicule cérébrale postérieure. 5, prévertèbres. — 6, sinus rhomboïdal ou neuropore postérieur. — 7, veine omphalo-mésentérique.

Parois du canal neural. — Les parois *ventrale* et *dorsale* sont minces ; les *parois latérales*, au contraire, ont une certaine épaisseur. On appelle la paroi ventrale *plaque du plancher* ou *plaque basale ;* la dorsale est appelée *plaque du toit* ou *plaque recouvrante* (His). Les *parois latérales* présentent, du côté de la cavité du canal neural, un sillon longitudinal (fig. 566, 19) qui les divise en deux parties, l'une qui confine à la région dorsale, *zone dorsale* ou *lame alaire*, l'autre à la région ventrale, *zone ventrale* ou *lame fondamentale* (fig 566, 17 et 18).

Le canal neural est donc formé de deux moitiés symétriques réunies par les parois dorsale et ventrale du canal (1).

Structure du canal neural. — La paroi du tube nerveux embryonnaire, dès le moment où il est constitué, est formée de deux couches de cellules épithéliales, modification de celles de l'ectoderme.

La *couche interne*, *plaque interne* de His, formant la paroi de la cavité du tube, prendra le nom d'*épendyme ;* et la cavité, celui de *canal de l'épendyme*. La couche interne forme à elle seule la plaque du plancher et la plaque du toit.

La *couche externe* est formée par les neuroblastes et les cellules nerveuses donnant naissance à la substance grise (*couche engainante* de His.)

(1) Ne pas oublier que l'embryon a son extrémité céphalique en avant, sa face dorsale en haut, etc.

Neurosponge. — Les *cellules primitives* de la couche interne, *cellules épendymaires*, sont disposées comme des rayons autour de la cavité neurale ; elles sont donc perpendiculaires à l'axe du tube (fig. 567). Elles ont un *prolongement central* et un *périphérique* auxquels succèdent rapidement des prolongements *latéraux*. Le prolongement central se confond avec celui des cellules voisines, pour former une membrane homogène, extrêmement mince, la *membrane limitante interne ;* les périphériques traversent la paroi externe du tube et s'unissent, de la même manière que les prolongements centraux, pour former la *membrane limitante externe.* Les prolongements latéraux s'anastomosent et forment un réseau qui constitue le *neurosponge*, ou *myélosponge* , devant donner naissance à la *névroglie.*

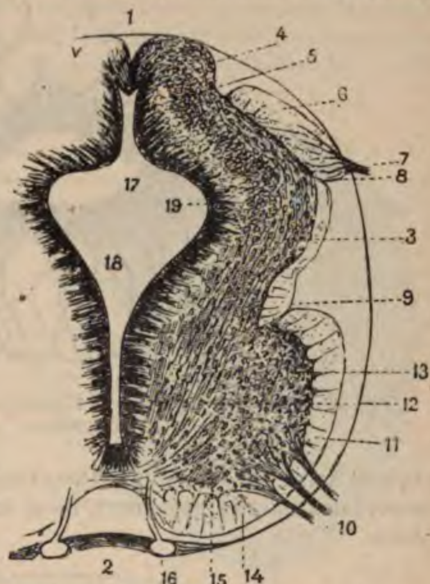


Fig. 566. — Coupe transversale de la moelle d'un embryon humain d'un mois, long de douze millimètres et demi (partie supérieure de la région dorsale), d'après His.

1, sillon médian postérieur. — 2, sillon médian antérieur. — 3, pièce intermédiaire séparant la partie antérieure et les racines antérieures 10 de la partie postérieure et des racines postérieures. — 7, 4, 5, lames grises interne et externe. — 6, faisceau olivaire postérieur. — 7, racines postérieures des nerfs rachidiens. — 8, sillon marginal. — 9, sillon cylindrique. — 10, racines antérieures des nerfs rachidiens. — 11, cordon antéro-latéral. — 12, formation arquée. — 13, corne latérale. — 14, cordon antérieur. — 15, corne antérieure. — 16, coupe de l'artère spinale antérieure. — 17, zone dorsale du canal neural. — 18, zone ventrale. — 19, lame épendymaire.

Cellules germinatives. — Les autres cellules sont, dès le début, des cellules arrondies, entre les cellules épendymaires, situées également dans la couche interne. Comme elles prolifèrent rapidement, His leur a donné le nom de *cellules germinatives.*

Neuroblastes et *cellules nerveuses.* — Les cellules filles d[illegible] lules germinatives sont les *neuroblastes*, qui deviendront c[illegible] nerveuses définitives, dès qu'elles présenteront un prolong[illegible] Ce prolongement est le cylindraxe, qui précède toujours [illegible] gements protoplasmiques.

Donc, toute cellule nerveuse vient d'un neuroblaste, lequel est cellule fille d'une cellule germinative originelle. J'ajoute que toute cellule nerveuse donne naissance à un cylindraxe, par con-

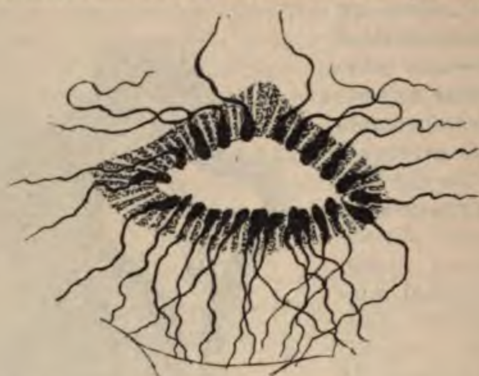


Fig. 567. — Coupe du canal de l'épendyme. Disposition des cellules épendymaires.

séquent à une fibre nerveuse. Quant aux prolongements protoplasmiques des cellules nerveuses, ils se terminent par des extrémités libres.



Fig. 568. — Coupe d'une portion de la paroi du canal neural au début de sa formation. La ligne concave forme la membrane limitante interne ; la ligne convexe la membrane limitante externe. Les cellules épendymaires sont étendues entre les deux limitantes. On voit entre les cellules épendymaires, près de la limitante interne, trois cellules germinatives en voie de multiplication.

Moelle épinière. — J'ai dit qu'au moment de l'occlusion du sinus rhomboïdal, *neuropore postérieur*, on pouvait déjà distinguer deux segments dans le tube neural : le *segment céphalique* correspondant aux vésicules cérébrales, et le *segment caudal*, correspondant à la moelle. Etudions le segment caudal, c'est-à-dire la moelle.

En dehors de la plaque interne et du neurosponge, formé par

les anastomoses latérales des cellules épendymaires, au-dessous de la membrane limitante externe, se développent les cellules nerveuses. On voit d'abord deux saillies longitudinales et parallèles se montrer en avant et en arrière dans la région de la moelle. Elles sont formées par la corne antérieure et par la corne postérieure de la substance grise de la moelle. La saillie des cornes antérieures est plus volumineuse.

Les premières fibres qui apparaissent sont les *fibres radiculaires antérieures*, qui émanent des cornes antérieures et se groupent en faisceaux, ou *racines antérieures motrices des nerfs*.

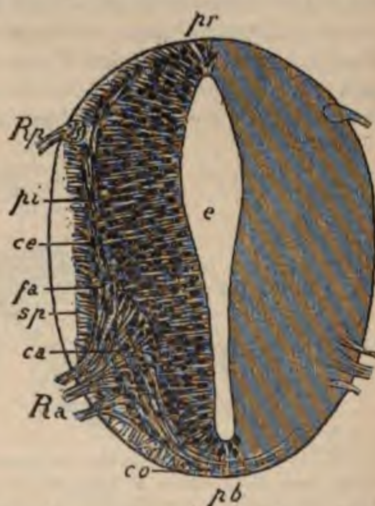


Fig. 569. — Coupe du canal neural d'un embryon d'environ 7 millimètres de long (d'après His).

pr, plaque recouvrante. — *pb*, plaque basale. — *pi*. couche ou plaque interne. — *ce*, couche engainante. — *e*, épendyme. — R*a*, racines antérieures. R*p*, racine postérieure. — *ca*, rudiment de la corne antérieure. — *fa*, formation arquée. — *ce*, ébauche de la commissure antérieure. — *sp*, neurosponge.

Pendant ce temps, les *ganglions spinaux* se forment (voy. plus haut) et se disposent le long du tube neural. De chaque cellule ganglionnaire part un filament, un cylindraxe qui se bifurque rapidement en filament *périphérique* sensitif et en filament *central*, ou *médullaire*, également sensitif. Toutes les fibres centrales, émanées des mêmes ganglions, se rassemblent en un faisceau de *racines postérieures* ou *sensitives*. Ces fibres, en abordant la moelle, se divisent en branche ascendante et en branche descendante. Elles forment un petit cordon longitudinal, appelé *faisceau ovale*, rudiment du futur *cordon postérieur* de la substance blanche de la moelle. Donc les fibres du cordon postérieur émanent des ganglions.

Les cellules de la partie postérieure de la moelle envoient leurs cylindraxes en avant. Ceux-ci ont une direction courbe, à concavité interne, *couche arquée* (fig. 569, *fa*); quelques-uns atteignent le plancher, s'y entre-croisent avec des fibres ...ables du côté opposé et forment le commencement ... *antérieure* de la moelle. Puis ils se redresse... tudinaux, et forment le *cordon antérieur* d...

Entre la série des racines antérieures et celle des racines postérieures, il existe une petite bande de *neurosponge* dans laquelle se développeront les fibres des *cordons latéraux* de la moelle.

A quatre semaines, la moelle de l'embryon humain est déjà formée : 1° par la plaque interne dont dépendent les cellules épendymaires et la membrane limitante interne ; 2° par la couche engaînante, formée de substance grise ; 3° par les cornes de la substance grise ; 4° par les racines antérieures et postérieures ; 5° par la formation arquée ; 6° par le faisceau ovale, futur cordon postérieur ; 7° par le rudiment du cordon antérieur et de la commissure antérieure, et par l'ébauche du cordon latéral.



Fig. 570. — Coupe transversale du canal médullaire de l'embryon humain ayant deux millimètres et demi de longueur, possédant 13 prévertèbres, et âgé d'environ 15 jours (d'après Lenhossek).

1, cavité médullaire. — 2, 2, lames médullaires. — 3, 3, prévertèbres. — 4, cellules issues de l'ectoderme, formant la couche superficielle du canal médullaire et constituant le *cordon ganglionnaire* qui doit donner naissance aux ganglions rachidiens.

Sillons médian, antérieur et postérieur. — A mesure que les cordons antérieurs s'accroissent, on voit l'intervalle qui les sépare se rétrécir et former le sillon médian antérieur. On croit que le sillon médian postérieur résulterait de la soudure des bords de la gouttière médullaire primitive.

Lame fondamentale et lame alaire. — Pendant que les parois du canal médullaire s'épaississent, la cavité médullaire change de forme. Sa coupe est étroite, en avant et en arrière, c'est-à-dire vers le *toit* et le *plancher ;* mais elle est large au milieu et elle présente, de chaque côté, un *sillon latéral* qui divise la paroi latérale du tube en deux portions : l'une antérieure, cylindrique ou *lame fondamentale*, l'autre postérieure, prismatique, ou *lame alaire* (His). La *pièce intermédiaire*, losangique, réunit la lame alaire à la lame fondamentale. La lame fondamentale fait partie de la zone ventrale, la lame alaire fait partie de la zone dorsale (fig. 566).

A l'extérieur de la moelle, on voit un sillon longitudinal, *sillon cylindrique*, qui sépare la lame fondamentale de la pièce intermédiaire (fig. 566, 9).

La *lame fondamentale* fournit la *partie antérieure* de la moelle : cordon antérieur, partie antérieure des cordons latéraux, commissure blanche, corne antérieure, commissure grise antérieure et moitié antérieure de la formation arquée. La *lame alaire* donne naissance à la partie postérieure : cordon ovalaire (vestige du cordon postérieur), corne postérieure et fibres terminales des racines postérieures dans la moelle. La *pièce intermédiaire* donne naissance aux *parties latérales :* partie postérieure du cordon latéral, plus tard faisceau pyramidal croisé, faisceau cérébelleux direct, col de la corne postérieure et colonne de Clarke (fig. 566).



Fig. 571. — Les trois vésicules cérébrales.

a, vésicule cérébrale antérieure. — *b*, vésicule moyenne. — *c*, vésicule postérieure. — *d*, vésicule des hémisphères.

L'accroissement fait des progrès, les parties antérieures précédant toujours les parties postérieures.

Au début, on ne voit, en arrière, que les cordons de Burdach, mais plus tard apparaissent : le *septum postérieur*, formé de névroglie et s'étendant de la partie postérieure du canal central de la moelle au sillon médian postérieur ; puis les faisceaux de Goll, qui se montrent entre le septum, les faisceaux de Burdach, et la commissure grise postérieure.

Encéphale. — Dans le segment céphalique du tube neural, séparé du segment médullaire par les premières prévertèbres, on constate plusieurs dilatations, sorte de boursouflures du tube neural. Sur les côtés, on voit deux dépressions extérieures, deux échancrures, qui séparent incomplètement les parties dilatées. Peu à peu les séparations s'accentuent davantage et on peut déjà constater sur un embryon de poulet, après vingt-quatre heures d'incubation, trois dilatations, trois ampoules, qui se succèdent comme trois grains de chapelet.

Ces dilatations sont les *vésicules* (1) *cérébrales primitives* (2) qu'on désigne sous les noms d'antérieure, moyenne et postérieure.

(1) L'expression *vésicule*, assez impropre, donne l'idée d'une sphère creuse ; or les trois vésicules ne sont que des dilatations d'une même cavité ; ce ne sont pas des vésicules à proprement parler.

(2) Synonymes : *vésicules principales*, *vésicules primitives*, *vésicules encéphaliques*. N'oublions pas que l'embryon est supposé couché, la tête en avant, la face ventrale en bas.

La cavité est commune aux trois vésicules et au canal médullaire ; les parois des vésicules, extrêmement minces, ont la structure du tube neural, décrite plus haut. Leur surface interne est revêtue par les cellules épendymaires. Nous verrons bientôt que les parois des vésicules donnent naissance à toutes les parties solides de l'encéphale, tandis que leur cavité, complètement déformée, mais partout persistante, formera, de bas en haut, le quatrième ventricule, l'aqueduc de Sylvius, les ventricules moyen et latéraux, en un mot la succession des cavités de l'épendyme.



Fig. 572. — Coupe médiane et verticale d'un embryon humain de quatre semaines environ, et de 7 millimètres de longueur (d'après His).

1, arrière-cerveau (myélencéphale). — 2, vésicule des hémisphères. — 3, cerveau antérieur. — 4, cerveau intermédiaire. — 5, cerveau moyen. — 6, cerveau postérieur. — 7, courbure de la protubérance. — 8, corps strié. — 9, futur cervelet. — 10, fente choroïdienne. — 11, fente en forme de selle. — 12, lame alaire. — 13, lame fondamentale. — 14, lobe olfactif. — 15, pédicule oculaire. — 16, glande pinéale. — 17, tubercule quadrijumeau postérieur. — 18, tubercule mamillaire.

On peut lire dans tous les auteurs que les trois vésicules cérébrales *primitives* se transforment en cinq vésicules *secondaires* par suite du dédoublement de la première et de la troisième. C'est là un vice d'exposition et une certaine inexactitude, qui complique et rend difficile l'étude des vésicules cérébrales. En effet, la division de la troisième vésicule est incomplète, et le quatrième ventricule appartient aux deux dernières vésicules secondaires. D'un autre côté, il est inexact de dire que la première vésicule se dédouble ; il n'y a aucun dédoublement.

Les vésicules cérébrales, comme le tube médullaire, reçoivent une mince couche de mésoderme, qui donne naissance à la pie-mère ; elles sont donc enveloppées complètement par la pie-mère. Ces vésicules se modifieront profondément, s'écraseront les unes sur les autres, se pénétreront jusqu'à ce que l'encéphale soit constitué. Nous verrons que le *cerveau* sera complètement formé par la *vésicule cérébrale antérieure*. La *vésicule cérébrale postérieure* donnera le *cerveau postérieur* (protubérance et cervelet) ainsi que l'*arrière-cerveau* (bulbe rachidien). Quant à la *vésicule cérébrale moyenne*, située entre les deux autres, elle fournira le *cerveau moyen*, c'est-à-dire la région des pédoncules cérébraux et des tubercules quadrijumeaux.

Je décrirai donc le développement, les transformations des vésicules cérébrales de l'embryon, l'une après l'autre, en commençant par la *moyenne*.

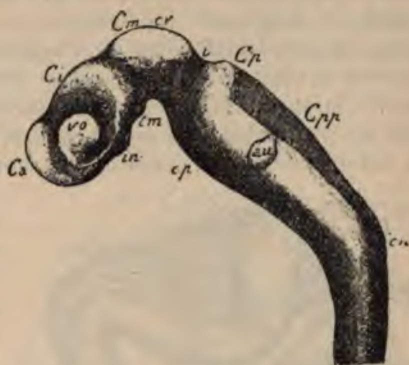


Fig. 573. — Embryon de trois semaines, les vésicules s'incurvent (d'après His).

Ca, cerveau antérieur (hémisphères cérébraux). — *vo*, vésicule oculaire — *Ci*, cerveau intermédiaire. — *Cm*, cerveau moyen. — *in*, infundibulum du cerveau. — *cv*, courbure du vertex. — *i*, isthme. — *Cp*, cerveau postérieur. — *Cpp*, arrière-cerveau. — *au*, vésicule auditive. — *cm*, courbure nuquale. — *fr*, membrane obturatrice.

1° *Vésicule cérébrale moyenne* (1). — La vésicule cérébrale moyenne ne se dédouble pas. Ses transformations sont très simples.

Sa *cavité* communique avec celle des deux autres vésicules et ses *parois* sont en continuité directe avec les parois des autres vésicules. La vésicule cérébrale moyenne formera le cerveau moyen, étendu du bord supérieur de la protubérance à l'extrémité antérieure des pédoncules cérébraux (fig. 574).

En se développant, les parois deviennent épaisses tout autour de la cavité. En bas, du côté du *plancher*, elles forment les pédoncules cérébraux et la substance perforée postérieure ; en haut, du côté de la *voûte*, elles donnent naissance aux tubercules quadrijumeaux ; sur les *côtés*, elles fournissent les corps genouillés internes et la partie latérale du ruban de Reil.



Fig. 574. — Embryon de quatre semaines, l'incurvation est plus considérable (d'après His).

Ca, cerveau antérieur (hémisphères). — *Ci*, cerveau intermédiaire. — *Cm*, cerveau moyen. — *cv*, courbure du vertex. — *i*, isthme. — *Cp*, cerveau postérieur. — *Cpp*, arrière-cerveau. — *Cm*, courbure nuquale. — *Vo*, vésicule oculaire. — *in*, infundibulum du cerveau. — *hy*, hypophyse pharyngienne. — *Cp*, courbure pontique. — *tm*, tubercule mamillaire — *fr*, membrane obturatrice.

(1) Synonymes : *cerveau moyen, vésicule des tubercules quadrijumeaux, mésencéphale.*

Par suite de l'épaississement des parois, la cavité se trouve réduite à un petit canal, étendu du quatrième ventricule au troisième, l'*aqueduc de Sylvius*.

Sur la paroi inférieure de l'aqueduc, on remarque un ***sillon médian*** qui fait suite à un sillon analogue du canal central de la moelle et du plancher du quatrième ventricule. De chaque côté de l'aqueduc, le ***sillon latéral***, qui fait suite également au sillon latéral du canal de la moelle et du plancher du quatrième ventricule, et qui se continue en avant avec le *sillon de Monro*. Ce sillon latéral sépare la *lame alaire*, qui se trouve en arrière, de la *lame fondamentale*, située entre le sillon latéral et le sillon médian.



Fig. 575. — Flexion des vésicules cérébrales (embryon de cinq semaines).

Ca, cerveau antérieur (vésicules des hémisphères, bourgeonnement de *Ci*). — *Ci*, cerveau intermédiaire (vésicule cérébrale antérieure primitive). — *Cm*, cerveau moyen (vésicule cérébrale moyenne primitive). — *Cp* et *Cpp*, cerveau postérieur et arrière-cerveau (vésicule cérébrale postérieure primitive). — *Cv*, courbure du vertex. — *cn*, courbure nuquale. — *Vo*, vésicule oculaire. — *Fr*, membrane obturatrice du quatrième ventricule. — *t*, bord de cette membrane. — *n*, futur pont de Varole.

La lame alaire donne naissance, du côté de la *voûte*, aux tubercules quadrijumeaux, à leurs bras, au corps genouillé interne et à la partie interne du pulvinar. Du côté du *plancher*, la lame fondamentale forme les pédoncules cérébraux (calotte, locus niger et pied), la substance perforée postérieure, qui fait partie du plancher du troisième ventricule, et le raphé névroglique médian. Dans la lame fondamentale se trouve la continuation de la colonne grise motrice interne du bulbe rachidien, qui fait suite elle-même à la base de la corne antérieure de la moelle, et qui fournit le *noyau de la troisième paire* des nerfs craniens.

Le faisceau pyramidal s'y montre au milieu du cinquième mois.

La vésicule moyenne, au début, est la plus volumineuse des vésicules et elle occupe le point culminant de l'encéphale (vertex) (fig. 575). Puis son développement est très lent, tandis que celui des deux autres est très rapide. Il en résulte que le cerveau moyen se trouve peu à peu recouvert d'avant en arrière par le cerveau antérieur.

2° *Vésicule cérébrale postérieure*. — Cette vésicule est située

entre la partie médullaire du tube neural et la vésicule cérébrale moyenne. Elle a la forme d'un fuseau (fig. 575 C*p*, C*pp*).

Son développement, plus rapide que celui des autres vésicules, produit de quatre à six plis sur les parois latérales, plis transitoires qui s'effacent ensuite.

Vers le point qui unira le bulbe à la protubérance, il se forme un léger rétrécissement. A la partie supérieure de l'arrière cerveau, on voit les *vésicules auditives* formées par une invagination de l'ectoderme dans le mésoderme. L'épithélium ectodermique formera l'épithélium de l'oreille interne.



Fig. 576. — Embryon de dix semaines (d'après His).

Ca, cerveau antérieur. — *Ci*, cerveau intermédiaire. — *Cm*, cerveau moyen. — *Cr*, courbure du vertex. — *hy*, hypophyse pharyngienne. — *ph*, cavité bucco-pharyngienne. — *pch*, repli choroïdien. — *pr*, membrane obturatrice. — *cn*, courbure nuquale. — *n*, narine. — *fn*. fosse nasale. — *cp*. courbure pontique. Les chiffres romains indiquent les nerfs craniens.

Isthme du cerveau postérieur de His. — D'après la présence de ce rétrécissement, les auteurs divisent la vésicule cérébrale postérieure en deux *vésicules secondaires*, quatrième et cinquième ; mais cette division ne me paraissant pas justifiée, j'étudierai le développement de la troisième vésicule cérébrale postérieure *primitive*.

La *cavité épendymaire*, au niveau de la troisième vésicule, forme le quatrième ventricule, étendu d'une extrémité à l'autre de la vésicule et divisé en deux moitiés, protubérantielle et bulbaire.

En avant de l'isthme du cerveau postérieur, les parois de cette vésicule s'épaississent dans tous les sens. Le plancher forme le pont de Varole ; la voûte donne le cervelet ; les parois latérales fournissent les pédoncules cérébelleux moyen et supérieur.

Le cervelet se montre sous forme d'une barre transversale qui s'accroît en descendant, recouvre l'arrière-cerveau et emprisonne au-dessous d'elle une partie de la pie-mère qui formera la *toile choroïdienne*. A trois mois, le lobe médian se développe et un mois plus tard, on voit se développer les hémisphères cérébelleux et leurs lames. En même temps, apparaît le *voile médullaire antérieur* ou *valvule de Vieussens*, qui unit le cervelet au cerveau

moyen, et le *voile médullaire postérieur*, ou *valvule de Tarin*, qui unit le cervelet au bulbe, par l'intérmédiaire de la *membrana tectoria*.

En arrière de l'isthme du cerveau postérieur, le plancher, considérablement épaissi, forme le bulbe rachidien. La voûte s'amincit pour former la soupape des cavités ventriculaires, autrement dit la *membrane obturatrice* de Kölliker, membrane réduite à



Fig. 577. — Coupe médiane d'un embryon humain d'un mois (d'après His) (demi-nature).

1, 2, 3, moelle allongée ou myélencéphalon. — 4, 5, 6, protubérance et cervelet, ou métencéphalon. — 7, 8, 9, pédoncules cérébraux, cérébelleux supérieurs et valvule de Vieussens, ou isthme du rhombencéphale. — 10, 11, 12, pédoncules cérébraux et tubercules quadrijumeaux, ou mésencéphalon. — 13, diencéphalon, comprenant 14, partie mamillaire de l'hypothalamus. — 15, thalamus. — 16, métathalamus. — 17, épithalamus. — 18, cerveau terminal ou télencéphalon comprenant 19, partie optique de l'hypothalamus. — 20, corps strié. — 21, rhinencéphalon. — 22, pallium.



Fig. 578. — Encéphale vu par sa face dorsale, embryon humain de quatre semaines (d'après His), (demi-nature).

1, cerveau moyen. — 2, cerveau postérieur. — 3, 4 moelle épinière. — 5, ganglion acoustique. — 6, membrane obturatrice du quatrième ventricule. — 7, isthme du cerveau postérieur. — 8, ganglion de Gasser. — 9, ganglion ciliaire. — 10, hémisphère cérébelleux. — 11, ganglion du glosso-pharyngien. — 12, ganglion du pneumogastrique. — 13, vésicule auditive.

la couche épithéliale épendymaire revêtue d'une membrane nerveuse incomplète, *membrana tectoria*, dont l'atrophie laissera subsister quelques débris : l'*obex*, ou verrou, la *valvule de Tarin* et la *ligula* (*quatrième ventricule*). Les parois latérales de la vésicule donnent naissance aux pédoncules cérébelleux inférieurs (corps restiformes). La cavité commune à la quatrième et à la cinquième vésicules secondaires, se trouve élargie et reportée en arrière par suite de l'épaississement du plancher. Elle se continue en haut avec la cavité de la vésicule moyenne qui deviendra l'aqueduc de Sylvius, et en bas avec le canal de la moelle. Ce dernier, central dans toute la longueur de la moelle, se courbe

légèrement en arrière à la partie supérieure pour atteindre l'angle inférieur du plancher du quatrième ventricule (voir *quatrième ventricule*).

3° *Vésicule cérébrale antérieure.* — Les auteurs l'ont divisée jusqu'à ce jour, en deux vésicules secondaires, fort improprement, puisque d'après les travaux les plus récents, la vésicule



Fig. 579. — Encéphale d'un embryon humain de quatre semaines, demi-nature, vu de face (d'après His).

1, 1, cerveau antérieur et vésicules hémisphériques. — 2, 2, cerveau moyen. — 3, lobe olfactif. — 4, scissure interhémisphérique. — 5, vésicule oculaire secondaire. — 6, cristallin. — 7, ganglion du pneumogastrique.

secondaire, qui vient se surajouter, est un bourgeonnement de la vésicule primitive et ne résulte pas d'un étranglement qui diviserait la vésicule primitive en deux parties.

Quand la vésicule cérébrale antérieure apparaît, elle a la forme d'un fuseau antéro-postérieur, comme les autres vésicules, et sa



Fig. 580. — Coupe schématique de l'encéphale d'un embryon de vertébré (d'après Edinger).

1, télencéphale (cerveau antérieur). — 2, diencéphale (cerveau intermédiaire) avec le nerf optique et l'hypophyse en bas, la toile choroïdienne et l'épiphyse en haut. — 3, mésencéphale (cerveau moyen). — 4, isthme du rhombencéphale et métencéphale (cerveau postérieur). — 5, myélencéphale (arrière-cerveau). — 6, moelle épinière.

cavité présente en avant la fente *vertico-médiane* dont il a été déjà question. De fusiforme qu'elle était, la vésicule devient sphérique, puis son diamètre transversal prédomine et acquiert une longueur double de celle du diamètre antéro-postérieur. Cette augmentation du diamètre transversal est due au développement de deux diverticules latéraux qui constituent les *vésicules optiques* ou *oculaires*.

L'apparition des vésicules oculaires est le *signal de l'occlusion* de la fente vertico-médiane. L'ectoderme des deux lèv



Fig. 581. — Encéphale d'un embryon humain de sept semaines (d'après His).

1, cerveau antérieur (hémisphères cérébraux). — 2, cerveau moyen. — 3, cerveau intermédiaire. — 4, cerveau postérieur. — 5, arrière-cerveau ou myélencéphale. — 6, moelle épinière. — 7, protubérance. — 8, fente choroïdienne. — 9, fente en forme de selle. — 10, lobe olfactif antérieur. — *a*, nerf olfactif. — *b*, nerf optique. — *c*, moteur oculaire commun. — *d*, origine du pathétique. — *e*, trijumeau. — *f*, moteur oculaire externe. Les autres lettres indiquent les dernières paires craniennes. On voit dans cette figure les prévertèbres en avant de la moelle.



Fig. 582. — Embryon humain de quatre semaines, d'un centimètre de long (d'après His).

1, 2, 3, 4, 5, ganglions spinaux des cinq premiers nerfs cervicaux. — 6, cerveau antérieur. — 7, 8, 9, cerveau moyen et cerveau postérieur. — 10, vésicule oculaire. — 11, ganglion ciliaire. — 12, ganglion de Gasser. — 13, l'une des branches. — 14, facial. — 15, glosso-pharyngien. — 16, pneumogastrique, spinal et grand hypoglosse.

l'ouverture se fusionne, et en arrière de lui il se développe une mince membrane nerveuse, la *plaque terminale*, ou *lame embryonnaire primitive* (Dareste). C'est ce point qui bourgeonnera pour former la vésicule supplémentaire ou vésicule des hémisphères cérébraux.

La cavité des vésicules oculaires communique avec celle de la vésicule au moyen du pédicule oculaire, qui formera le nerf optique en se rétrécissant.

La vésicule cérébrale antérieure est appelée *cerveau intermédiaire*, ou *vésicule des couches optiques*, parce qu'elle donne naissance au thalamus. C'est la *deuxième vésicule secondaire* des auteurs.

Parois latérales. — Cette vésicule est peu volumineuse ; ses parois latérales s'épaississent considérablement pour former les couches optiques : les parois supérieure et inférieure, plancher et voûte, sont très minces.

La vésicule cérébrale antérieure ne fournit qu'une partie de la couche optique. Elle forme, du côté de la face supérieure, la portion située en dedans du *sillon choroïdien*, sillon en rapport avec les plexus choroïdes (l'autre portion, l'externe, est formée par la vésicule fille dont nous verrons plus loin le développement). Sur la face interne de la couche optique, il existe un sillon, le *sillon de Monro* qui fait suite au sillon latéral de l'intérieur du canal neural, du plancher du quatrième ventricule et de l'a-

queduc de Sylvius et qui se termine au-dessous du *trou de Monro*. Toute la partie située au-dessus du sillon de Monro est formée par la *lame alaire* de la vésicule, c'est la *région thalamique* ou *optique* proprement dite. En arrière, la lame alaire donne encore naissance au *corps genouillé externe* et au *pulvinar*.



Fig. 583. — Encéphale d'un embryon humain de quatre semaines, vu de profil (d'après His).

1, cerveau antérieur. — 2, cerveau moyen. — 3, cerveau postérieur. — 4, arrière-cerveau. — 5, cerveau intermédiaire. — 6, ganglion ciliaire. — 7, fente en forme de selle. — 8, isthme du cerveau postérieur. — 9, ganglion acoustico-facial. — 10, vésicule auditive.

La partie située au-dessous du sillon de Monro, dépend de la *lame fondamentale*, et donne naissance à la *région sous-thalamique* de Forel.

La face interne de la couche optique, devenue verticale, est séparée de celle du côté opposé par un espace étroit qui est le *troisième ventricule*. La *commissure grise* est une soudure qui se produit entre les deux couches optiques vers la fin du deuxième mois.

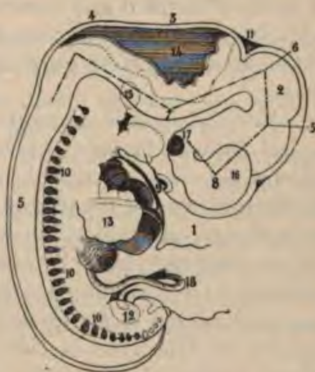


Fig. 584. — Embryon humain de douze millimètres et demi de longueur, à quatre semaines et demie (d'après His).

1, cerveau antérieur. — 2, cerveau moyen. — 3, cerveau postérieur. — 4, arrière-cerveau. — 5, moelle épinière. — 6, courbure postérieure du vertex. — 7, courbure de la protubérance. — 8, courbure unciforme. — 9, fossette olfactive. — 10, 10, 10, ganglions spinaux. — 11, isthme du cerveau postérieur. — 12, membre inférieur. — 13, membre supérieur. — 14, membrane obturatrice du quatrième ventricule. — 15, vésicule auditive. — 16, vésicule des hémisphères. — 17, courbure unciforme. — 18, vaisseaux omphalo-mésentériques.

La couche optique, une fois formée, présente une face interne, limitée en bas par le *sillon de Monro* et en haut par le *sillon de l'habénula* situé au-dessous du pédoncule antérieur de la glande pinéale et séparant la paroi latérale du troisième ventricule de la voûte de cette cavité.

Plancher. — Le plancher de la vésicule cérébrale antérieure, se transforme en une mince membrane nerveuse que nous avons vue en décrivant la base du cerveau, la *commissure grise de la base* de Henle. Ce plancher est oblique en bas et en avant, il se dirige de la glande pinéale

à la tige du corps pituitaire, partie la plus déclive. Il donne naissance à la substance perforée postérieure, aux tubercules mamillaires et à la partie postérieure du tuber cinereum. Cette partie oblique est appelée *segment postérieur* du plancher, ou *segment mamillaire*. Le *segment antérieur*, ou infundibulaire, est formé par la même substance grise qui donne la *lame terminale embryonnaire* et la partie antérieure du *tuber cinereum*. Le chiasma soulève cette lame et forme, dans le troisième ventricule, une barre transversale qui sépare le *récessus optique*, qui est au-dessus, de l'*infundibulum*, qui est au-dessous.

Voûte. — La voûte de la vésicule cérébrale antérieure a beaucoup d'analogie avec la membrane obturatrice du quatrième ventricule. Elle unit les deux couches optiques, mais elle est réduite à sa couche épithéliale, sans couche nerveuse. On voit donc que la vésicule antérieure est minuscule, elle est uniquement formée par le troisième ventricule, ses parois latérales, son plancher et sa voûte épithéliale.

La voûte s'étend d'une couche optique à l'autre, ou mieux elle unit les bords supéro-internes des deux thalamus, en formant un épaississement qui n'est autre que le *frein de l'habenula* ou *tænia thalami*.

La voûte épithéliale se continue de chaque côté avec l'épithélium qui tapisse la face interne de la couche optique. Sa face inférieure est libre, et sa face supérieure est en rapport avec la toile choroïdienne et les plexus choroïdes du troisième ventricule dont la sépare une mince couche de tissu conjonctif. En avant, la voûte se continue avec la *lame terminale embryonnaire*, qui appartient à la vésicule des hémisphères. En arrière, la voûte donne naissance à la *commissure postérieure* qui relie la couche optique d'un côté avec la calotte du côté opposé. La cavité du troisième ventricule est complètement fermée de tous côtés par l'épendyme, excepté en avant où elle communique avec les ventricules latéraux.

L'hypophyse, l'épiphyse et la paraphyse sont des productions de la *vésicule cérébrale antérieure*.

Hypophyse ou glande pituitaire. — Nous avons vu, en étudiant la base du cerveau qu'elle est formée de deux lobes. L'antérieur, ectodermique, émane de la membrane pharyngienne et se porte en arrière contre le plancher du troisième ventricule ; c'est le *diverticule hypophysaire* qui formera le *lobe antérieur*. Le postérieur, de nature nerveuse, est un bourgeon creux qui naît du tuber cinereum, *prolongement infundibulaire*, qui formera le *lobe postérieur*. Les deux prolongements se confondent, l'anté-

rieur se sépare du pharynx ; le pédicule du prolongement infundibulaire devient la tige du corps pituitaire. Après la naissance les éléments constitutifs du corps pituitaire se modifient, s'altèrent, et se réduisent à une substance gélatineuse. On ne sait rien de certain sur les usages de l'hypophyse.

Épiphyse, glande pinéale ou *conarium*. — Vers la cinquième semaine, la membrane épithéliale, qui forme la voûte de la vésicule cérébrale antérieure, émet un cul-de-sac qui s'enfonce dans le tissu conjonctif sous-choroïdien, c'est le rudiment de la glande pinéale ; on le nomme *processus pinéal*. Sa cavité est le *diverticule sous-pinéal*. L'épithélium des parois forme des diverticules latéraux qui s'isolent et donnent naissance à des follicules clos. Des fibres nerveuses se développent dans sa partie antérieure et forment les *pédoncules antérieurs*. D'autres fibres transversales se montrent qui unissent les ganglions de l'habenula.

Paraphyse. — Petit bourgeon issu de la voûte du troisième ventricule, formé d'épithélium, décrit par Selenka en 1891, et observé surtout chez les reptiles.

En résumé, le cerveau intermédiaire, ou vésicule cérébrale antérieure, forme en haut la voûte du troisième ventricule, en bas le plancher et sur les côtés une bonne partie des couches optiques, les corps genouillés externes et le pulvinar. Les parois se continuent en arrière avec celles du cerveau moyen. En avant elles se terminent à la lame terminale qui appartient au cerveau antérieur. Elles donnent naissance à l'hypophyse, à l'épiphyse avec ses pédoncules, et à la paraphyse. Elles donnent naissance aussi à la commissure postérieure. La cavité de cette vésicule se rétrécit considérablement en arrière pour se continuer avec l'aqueduc de Sylvius, et elle se continue en avant avec les *fentes de Monro*, futurs trous de Monro.

4° *Vésicule des hémisphères* ou *cerveau antérieur*. — La vésicule des hémisphères est la *première vésicule secondaire* des auteurs.

Le *cerveau intermédiaire*, formé par les parois de la vésicule cérébrale antérieure *primitive*, peut être considéré comme l'axe de la base du cerveau autour duquel va se développer la vésicule des hémisphères.

Son apparition. — Le moment de la formation de cette vésicule est toujours précédé par l'occlusion de la *fente vertico-médiane*, ou *neuropore antérieur*, et cette occlusion ne se produit qu'après l'apparition des *vésicules oculaires*.

La vésicule des hémisphères est formée, au début, par un bourgeonnement de la *lame terminale embryonnaire* revêtue de

l'ectoderme. Cette lame est la mince membrane nerveuse qui a fermé la fente vertico-médiane, en sorte que la vésicule des hémisphères se développe par prolifération des éléments nerveux de la lame et des éléments épithéliaux de l'ectoderme qui la recouvrent.

La vésicule des hémisphères est d'abord toute petite, impaire et médiane. Elle est piriforme et elle se renverse en arrière par-dessus les vésicules oculaires primitives.

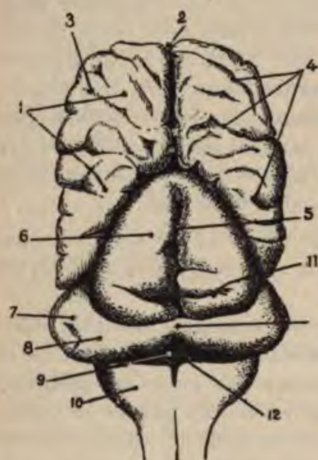


Fig. 585. — Encéphale d'un embryon humain d'environ trois mois, vu par sa face postérieure, d'après nature (d'après Déjerine).

1, circonvolutions primitives. — 2, scissure interhémisphérique. — 3, hémisphère gauche. — 4, sillons primitifs. — 5, sillon vertical du cerveau moyen. — 6, vermis superior. — 7, cerveau postérieur. — 8, hémisphère cérébelleux. — 7, quatrième ventricule. — 10, arrière-cerveau. — 11, sillon transverse du cerveau moyen. — 12, membrane obturatrice du quatrième ventricule.

Sa division en deux hémisphères. — Vers la fin de la quatrième semaine, la vésicule des hémisphères se divise en deux parties symétriques pour former les hémisphères cérébraux. Cette division a lieu par un enfoncement médian et antéro-postérieur de la paroi de la vésicule, *fente interhémisphérique*. Cette fente forme, à l'intérieur de la vésicule, une saillie, *repli falciforme* de His, qui sépare les deux vésicules hémisphériques, dont les parois, formant le *manteau cérébral* ou *pallium*, donnent naissance à une circonvolution, au corps calleux, au septum lucidum et au trigone, toutes parties situées au-dessus des couches optiques (cerveau intermédiaire).

Formation des circonvolutions. — Le développement des vésicules hémisphériques est très rapide. Parties de la lame terminale embryonnaire par un bourgeon unique, elles s'étendent de tous côtés surtout après la division du bourgeon, couvrent le cerveau intermédiaire, qu'elles débordent en avant, en arrière et sur les côtés. Elles recouvrent même, en arrière, le cerveau moyen et le cerveau postérieur.

Les vésicules hémisphèriques se touchent à la partie antérieure de la fente interhémisphérique, mais en arrière, elles s'écartent pour laisser le cerveau intermédiaire à découvert, mais seulement pour un temps très court.

Les parois minces des hémisphères se développent si rapidement que la cavité cranienne peut à peine les contenir, elles se plissent pendant le 2e et le 3e mois ; mais ces plis, dus uniquement au tassement de la paroi de l'hémisphère, sont temporaires, ce sont de fausses circonvolutions, qui disparaissent lorsque le crâne se développe plus rapidement, vers le 4e mois. A quatre mois et demi, la surface des hémisphères est absolument lisse sans aucun pli ; on y remarque seulement *la fosse sylvienne* (fig. 587). Au commencement du 5e mois, on voit se dessiner la scissure de Rolando et la scissure occipitale externe ; à cinq mois et demi la scissure calloso-marginale, et au 6e mois les sillons qui séparent les circonvolutions.



Fig. 586. — Face externe du cerveau terminal d'un embryon de 12 cent. de long (1/2 grandeur). L'encoche représente la scissure de Sylvius.



Fig. 587. — Surface des hémisphères d'un embryon de quatre mois.

1, scissure de Sylvius.

Les circonvolutions ne sont pas des plissements des parois des vésicules hémisphériques, ce sont des épaississements locaux de la substance grise qui intéressent fort peu la substance blanche. Les sillons ne forment pas des saillies dans la cavité de l'hémisphère.

A la naissance, les circonvolutions de l'enfant nouveau-né ne diffèrent pas de celles de l'adulte.

Je dois faire remarquer que les petites circonvolutions de l'insula de Reil, d'abord superficielles, dans la scissure de Sylvius, deviennent profondes par suite du développement des trois prolongements operculaires des lobes voisins qui recouvrent l'insula et transforment la fosse sylvienne en scissure de Sylvius.



Fig. 587 *bis*. — Face externe du cerveau terminal d'un embryon humain de 30 centimètres de longueur, âgé d'environ cinq mois et demi (1/2 grandeur).

1, scissure de Sylvius. — 2, sillon frontal inférieur. — 3, sillon interpariétal. — 4, sillon frontal supérieur. — 5, scissure de Rolando (d'après van Gehuchten).

Dès le 2e mois, on voit sur la face interne de l'hémisphère un sillon qui contourne en arc la couche optique. C'est le *sillon ammonique* qui a une certaine importance. Sa partie postérie deviendra plus tard le *sillon de l'hippocampe*, sa partie ar rieure le *sinus du corps calleux*. Ce dernier contourne le ge et le lobe, et se continue en bas avec l'*incisura prima* de His,

nous avons décrite dans le lobe olfactif. Quant à la partie postérieure du sillon ammonique, ou de l'hippocampe, elle déprime la substance blanche qui fait saillie dans le ventricule latéral sous le nom de corne d'Ammon, dont les digitations correspondent aux incisures du sillon.

La scisure calcarine, qui forme l'ergot de Morand du prolongement occipital du ventricule latéral, en repoussant la substance nerveuse dans la cavité ventriculaire, apparaît vers la fin du 3e mois.



Fig. 588. — Face interne du cerveau d'un embryon humain au sixième mois.

G. *d*, circonvolution godronnée. — *po*, scissure pariéto-occipitale. — OC, scissure calcarine un peu à droite du trait. — *f. x*, thalamus. — *h*, sillon de l'hippocampe. — U, circonvolution du crochet.

Formation du septum lucidum. — Après que la scissure interhémisphérique s'est formée, divisant la vésicule hémisphérique en deux hémisphères, chaque hémisphère présente une *face interne* en regard de celle du côté opposé, et une *face externe.*

Du 3e au 4e mois, les deux hémisphères se soudent par leur paroi interne, au niveau d'un point qui correspond à la région de la *fente de Monro* et que His a nommé *zone choroïdienne.* Le *septum lucidum* résulte de cette soudure. Cette membrane sépare la tête des deux noyaux caudés.

Dans la formation du septum lucidum, on remarque que la suture des deux parois des hémisphères n'a lieu que sur les bords du septum ; la partie centrale ne se soude pas, reste libre et limite une petite cavité, *ventricule de la cloison*, ou *cinquième ventricule* (Mihalkovics).

Ce ventricule ne fait donc pas partie de la cavité épendymaire ; ses parois ont la structure des circonvolutions (voy. *Septum lucidum*). Lorsque le ventricule de la cloison est large, la cloison est transparente ; elle ne l'est pas lorsque le ventricule est peu développé (Prenant).

Formation du corps calleux. — Aussitôt après la formation du septum lucidum, on voit se former des fibres transversales, au-dessous du septum, unissant les deux hémisphères ; elles forment le genou du corps calleux. De chaque côté, elles divergent vers la partie latérale des hémisphères et forment les *radiations du corps calleux.* En arrière des fibres du genou, on voit naître les

fibres du corps et du bourrelet, au niveau de la partie fronto-pariétale du *pli marginal*. Toutes ces fibres, qui naissent réellement dans les circonvolutions, se soudent sur la ligne médiane pour former le *raphé*. Les postérieures entraînent une mince couche de substance grise, *induseum griseum* (voy. *Corps calleux* et *Lobe limbique*).

Formation du trigone. — Le trigone apparaît avant le corps calleux, aussitôt après la formation du septum lucidum. La partie antérieure, *piliers antérieurs*, vient de la *zone choroïdienne* de His, au-dessous du septum lucidum ; le corps et la partie postérieure, *piliers postérieurs*, viennent de la partie ventrale du *pli marginal*.



Fig. 589. — Surface externe du cerveau d'un embryon de quatre mois. On voit seulement la scissure de Sylvius S.

On voit apparaître, sur les parois du ventricule moyen, un faisceau blanc qui s'étend des corps mamillaires à la partie antérieure du trou de Monro, qu'ils rétrécissent. Ce sont les piliers antérieurs du trigone, qui se courbent en arrrière pour rejoindre les fibres longitudinales fournies par le pli marginal. On voit en même temps le faisceau de Vicq d'Azyr qui s'étend des corps mamillaires au tubercule antérieur de la couche optique.

Au début du 4e mois, les deux moitiés, antéro-postérieures, se soudent sur la ligne médiane, d'avant en arrière, entre le trou de Monro et la glande pinéale. Les bords du trigone forment la lèvre supérieure du *sillon choroïdien* (sur la couche optique). De ces bords part la couche épithéliale qui recouvre les plexus choroïdes des ventricules latéraux.

Les piliers postérieurs du trigone, contournent l'extrémité postérieure de la couche optique (pulvinar) et se portent dans la partie inférieure du ventricule latéral, le long du bord interne concave de la corne d'Ammon, et ils forment le *corps bordant*, ou *fimbria*.

La *lyre de David*, ou *psalterium*, est formée par des fibres transversales étendues entre les piliers postérieurs du trigone, sous-jacentes au bourrelet du corps calleux, et unissant les deux cornes d'Ammon.

Le corps bordant recouvre la circonvolution godronnée dans la

partie inférieure du ventricule latéral. Au moment où il atteint la partie horizontale du ventricule, le bourrelet du corps calleux

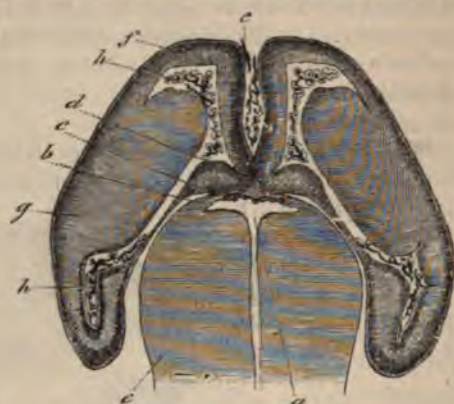


Fig. 590. — Développement du trigone cérébral, embryon de mouton de trois centimètres.

a, troisième ventricule. — *b*, sa paroi supérieure. — *d*, soudure des deux hémisphères au-dessus de la toile choroïdienne. — *e*, vaisseaux de la faux du cerveau. — *f*, paroi de la vésicule hémisphérique. — *g*, corps strié. — *h*, vaisseaux des plexus choroïdes. — *i*, couche optique.

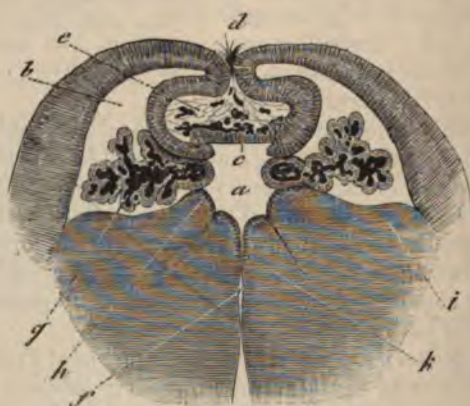


Fig. 591. — Coupe vertico-transversale d'un cerveau d'embryon de douze centimètres.

a, troisième ventricule. — *b*, ventricule latéral. — *c*, épithélium de la toile choroïdienne. — *d*, vaisseaux de la faux du cerveau. — *e*, vaisseaux de la toile choroïdienne. — *h*, épithélium de l'épendyme. — *i*, corps strié. — *k*, couche optique.

passe entre le trigone et les circonvolutions godronnées qui se portent au-dessus du bourrelet après avoir quitté le trigone.

Union du cerveau intermédiaire et du cerveau antérieur.

Quoique la vésicule commune aux deux hémisphères naisse d'un petit bourgeon pédiculé du cerveau intermédiaire, il ne faudrait pas croire que le cerveau antérieur, issu de cette vésicule, soit indépendant du cerveau intermédiaire formé par la vésicule cérébrale antérieure primitive.

Les deux hémisphères, résultant de la division de la vésicule des hémisphères, se développent énormément et recouvrent, ainsi que je l'ai déjà dit, le cerveau intermédiaire qu'ils débordent de tous côtés; ils couvrent même le cerveau moyen et le cerveau postérieur. Au point d'union du cerveau antérieur et du cerveau intermédiaire, là où le premier a bourgeonné à la partie antérieure du second, il s'établit une fusion entre la vésicule antérieure et les vésicules hémisphériques auxquelles elle a donné naissance.



Fig. 592. — Développement du trigone cérébral, du septum lucidum et du corps calleux. Coupe horizontale du cerveau d'un embryon de mouton de douze centimètres.

a, troisième ventricule. — *b*, couche optique. — *c*, toile choroïdienne. — *d*, ventricule latéral. — *e*, corps strié. — *g*, portion soudée des deux hémisphères. — *h*, corps calleux. — *m*, piliers antérieurs du trigone contournant en *l* la couche optique

La partie supérieure, *manteau*, ou *pallium*, forme le corps calleux, le septum lucidum et le trigone, ainsi que les circonvolutions ; elle se porte en arrière et en bas, au-dessus des couches optiques et du cerveau intermédiaire qu'elle contourne sans lui adhérer. Le ventricule latéral, situé au-dessous des vésicules des hémisphères, se comporte de même et passe au-dessus des couches optiques et du pédoncule cérébral.

L'union du cerveau intermédiaire et du cerveau antérieur se fait en avant.

Quelques auteurs disent que le cerveau intermédiaire entre comme un coin dans le cerveau antérieur. Comment pourrait-il entrer dans une partie qui n'existe pas encore. C'est donc une locution vicieuse, et il est préférable de dire que le cerveau intermédiaire a la forme d'un *fer de lance* dont le sommet et les bords se confondent avec la base des vésicules des hémisphères.

Sur la ligne médiane, le chiasma, et sur les parties latérales, les bandelettes optiques, établissent la limite entre le cerveau antérieur et le cerveau intermédiaire.

La scissure interhémisphérique qui divise la vésicule des hémisphères n'arrive pas au fond de la vésicule à sa partie antérieure, elle laisse un intervalle en avant du chiasma et en arrière de la lame terminale embryonnaire qui formera la limite antérieure du troisième ventricule, de sorte que le ventricule moyen sera formé par le cerveau intermédiaire en arrière et par le cerveau antérieur en avant.

Pendant que la vésicule des hémisphères se porte en arrière pour couvrir le reste de l'encéphale, sa partie antérieure entoure les bords du fer de lance que forme le cerveau intermédiaire, et se confond avec ses bords. Cette suture correspond au sillon choroïdien, de sorte que dans le plancher du ventricule latéral, toute la portion de couche optique située en dedans du sillon choroïdien sera formée par le cerveau intermédiaire, tandis que toute la partie située en dehors viendra du cerveau antérieur. Donc le cerveau antérieur, formant une partie de la couche optique et le corps strié, se continue ensuite sous le nom de manteau des hémisphères.

Courbures et inflexions de l'encéphale. — Au début de sa formation, l'axe nerveux encéphalo-médullaire, le tube neural en un mot, est absolument rectiligne et les trois vésicules de la portion encéphalique sont également disposées en ligne droite.

Avant l'occlusion de la gouttière neurale, l'axe nerveux s'est déjà incurvé du côté de la face ventrale de l'embryon.

Vers la fin de la troisième semaine, la vésicule antérieure s'est tellement infléchie qu'elle forme avec la postérieure un angle droit dont le sommet saillant correspond à la vésicule moyenne. Cette saillie est le *vertex* (fig. 593).

La flexion augmente encore, au point que la partie antérieure de la vésicule antérieure, qui était devenue inférieure, devient postérieure. Il existe entre cette vésicule infléchie et la vésicule postérieure une fente dite *fente en forme de selle* (His).

La flexion s'accentuant, il se forme une nouvelle courbure à l'union de l'arrière-cerveau et de la moelle, *courbure nuchale*, très développée à la sixième semaine (fig. 593, *cn*).

Une troisième courbure, mais en sens inverse se fait au niveau de la troisième vésicule cérébrale, c'est la *courbure du pont de Varole* (fig. 593, *cp*).

Cavité du canal neural. — J'ai parlé ailleurs du canal de la moelle. Au niveau du myélencéphale, le canal de la moelle s'élargit

et forme la cavité du quatrième ventricule, commune à l'arrière-cerveau et au cerveau postérieur.

La formation de la courbure du pont de Varole favorise l'élargissement du quatrième ventricule que le cervelet vient recouvrir, et dont les parties latérales s'allongent pour former les *recessus latéraux*.

La cavité du canal neural se rétrécit considérablement sous le nom d'*aqueduc de Sylvius*, par suite de l'épaississement considérable de la paroi de la vésicule cérébrale moyenne. Puis elle s'élargit pour former le troisième ventricule entre les couches optiques.

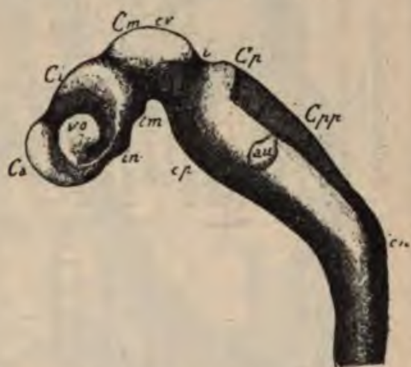


Fig. 593. — Flexion des vésicules cérébrales sur un embryon de la troisième semaine (d'après His).

Ca, cerveau antérieur, bourgeonnement de *Ci*. — *Ci*, cerveau intermédiaire (vésicule cérébrale antérieure primitive). *Cm*, cerveau moyen (vésicule cérébrale moyenne). — *i*, isthme. — *Cp* et *Cpp*, cerveau et arrière-cerveau (vésicule cérébrale postérieure). — *au*, vésicule auditive. — *vo*, vésicule oculaire. — *tm*, tubercule mamillaire. — *in*, infundibulum de la base du cerveau. — *cp*, courbure du pont de Varole. — *cv*, courbure du vertex. — *cn*, courbure de la nuque.

L'épendyme primitif se termine à la partie antérieure de la vésicule cérébrale antérieure primitive. Comme, d'après les derniers travaux, la vésicule des hémisphères est une vésicule surajoutée, développée après la formation du canal neural primitif, les cellules épendymaires, qui tapissent la face postérieure de la lame terminale embryonnaire et ses environs, prolifèrent pour se continuer dans la cavité des hémisphères. On peut donc admettre un *épendyme primitif* dans le canal de la moelle et dans les trois vésicules cérébrales, et un *épendyme secondaire* tapissant les ventricules latéraux, les parois des trous de Monro et la partie postérieure de la lame sus-optique, et formé par extension de l'épendyme primitif.

En somme, la cavité des vésicules cérébrales, régulière au début, se trouve déformée par l'épaississement de leurs parois. Elles communiquent toutes entre elles ; le quatrième et le troisième ventricule par l'aqueduc de Sylvius, le ventricule moyen et les latéraux par les trous de Monro. Elles communiquent de plus avec l'espace sous-arachnoïdien par le *trou de Magendie*.

TABLEAU DES RÉGIONS DES CENTRES NERVEUX FOURNIS PAR LES VÉSICULES CÉRÉBRALES

VÉSICULES CÉRÉBRALES PRIMITIVES		*Cavité épendymaire.*	*Base ou plancher des vésicules.*	*Voûte des vésicules*	*Parois latérales des vésicules*
Antérieure ou *prosencéphale*.	1re vésicule ant. secondaire *cerveau antérieur* ou *telencéphale*.	ventricules latéraux.	Lobes olfactifs. Substance perforée antérieure. Corps striés, avant-mur Insula de Reil.	Circonvolutions (manteau). Corps calleux. Commissure blanche antérieure. Trigone. Septum lucidum. Epithélium des plexus choroïdes des ventricules latéraux.	
	2e vésicule ant. secondaire *cerveau intermédiaire* ou *diencéphale*.	3e ventricule.	Chiasma. Tuber cinereum. Infundibulum hypophysaire. Tubercules mamillaires. Vésicules oculaires. 2e paire cranienne.	Commissure post. Epiphyse. Epithélium de la toile choroïdienne du 3e ventricule.	Couches optiques. Commissure grise.
Moyenne ou *mésencéphale*.	3e vésicule ou moyenne *cerveau moyen* ou *mésencéphale*.	Aqueduc de Sylvius.	Pédoncules cérébraux. Substance perforée postérieure. 3e paire cranienne.	Tubercules quadrijumeaux.	Corps genouillés internes. Partie antérieure du ruban de Reil.
Postérieure ou *rhombencéphale*.	4e vésicule post. secondaire *cerveau postérieur* ou *métencéphale*.	4e ventricule.	Protubérance. 5e paire cranienne.	Cervelet. Valvule de Vieussens. 4e paire cranienne.	Pédoncules cérébelleux moyens et supérieurs. Partie postérieure du ruban de Reil.
	5e vésicule post. secondaire *arrière-cerveau* ou *myélencéphale*.		Bulbe rachidien. 6e 7e 8e 9e 10e 11e et 12e paires craniennes.	Epithélium de la toile choroïdienne et des plexus choroïdes du 4e ventricule. Valvule de Tarin. Verrou. Lingula.	Pédoncules cérébelleux inférieurs.

CIRCULATION DU CERVEAU

Le cerveau reçoit toutes les branches fournies par la terminaison des artères vertébrales et carotides internes, artères qui s'anasto-

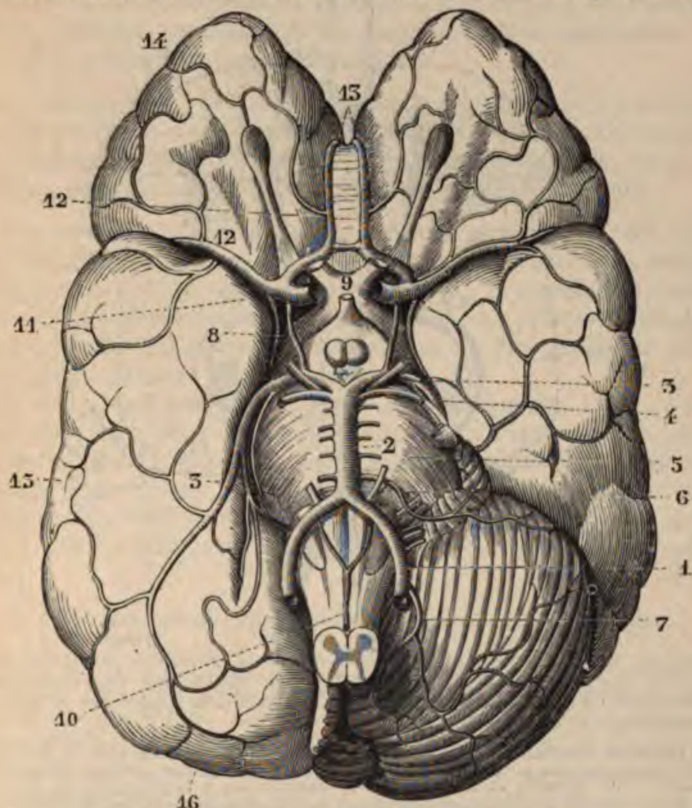


Fig. 593 *bis*. — Artère de la base du cerveau.

1, artère vertébrale. — 2, tronc basilaire. — 3, cérébrale postérieure. — 4, cérébelleuse supérieure. — 5, branches collatérales du tronc basilaire. — 6, cérébelleuse antérieure et inférieure. — 7, cérébelleuse inférieure et postérieure. — 8, communicante postérieure. — 9, cérébrale antérieure et communicante antérieure. — 10, artère spinale antérieure. — 11, terminaison de la carotide interne. — 12, artère frontale inférieure. — 12, à droite, artère cérébrale moyenne, ou sylvienne. — 13, courbure des cérébrales antérieures passant sur le genou du corps calleux. — 14, lobe antérieur du cerveau. — 15 et 16, lobe postérieur.

mosent à la face inférieure du cerveau pour former ce qu'on nomme l'hexagone artériel de Willis (1), quoique cet hexagone ait sept côtés. Les ramifications parties de l'he… …ndent à

(1) Willis (Thomas), né en 1622, mort en 16… …s à Londres.

la surface du cerveau pour pénétrer dans l'épaisseur de la substance cérébrale, à laquelle elles distribuent le sang. Ce liquide traverse les capillaires et sort du cerveau par des veines nom-

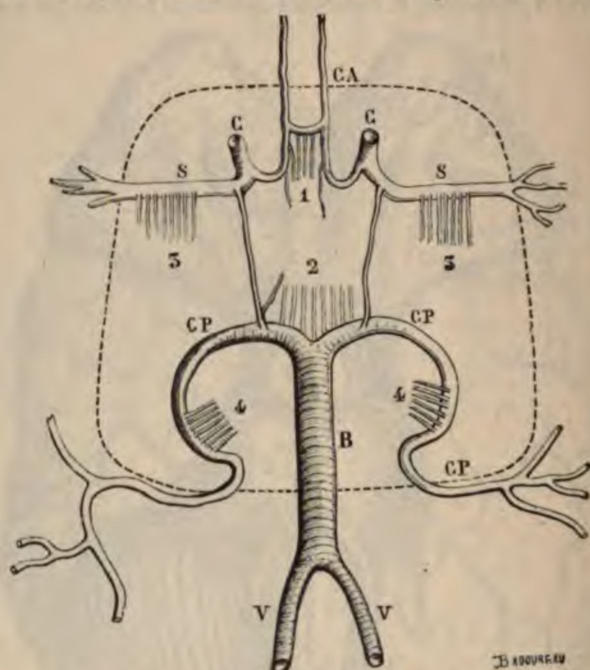


Fig. 594. — Schéma de la circulation artérielle de la base de l'encéphale. Hexagone de Willis. La ligne ponctuée circonscrit la sphère des ganglions centraux.

V, V, artères vertébrales. — C, C, carotides internes. — B, tronc basilaire. — CA, cérébrales antérieures unies par la communicante antérieure. — S, artère sylvienne ou cérébrale moyenne. — CP, cérébrale postérieure unie à la précédente par la communicante postérieure. — 1, 2, 3, 4, groupes de petites artères pénétrant dans la substance du cerveau (Raymond).

breuses, dépourvues de valvules, qui se jettent dans les sinus de la dure-mère.

Hexagone de Willis. — L'hexagone de Willis occupe, à la base du cerveau l'intervalle qui sépare les deux espaces perforés antérieurs et l'espace perforé postérieur.

Les côtés postérieurs sont formés par les artères cérébrales postérieures, branches de bifurcation du tronc basilaire. Les côtés antérieurs sont constitués par les cérébrales antérieures, branches de la carotide interne. Les communicantes postérieures, étendues de la carotide à la cérébrale postérieure, forment les côtés latéraux.

Des angles latéraux et postérieurs partent les artères cérébrales postérieures ; les artères cérébrales moyennes ou sylviennes, émergent des angles latéraux et antérieurs. L'angle antérieur est formé par la communicante antérieure, artère de 3 à 4 millimètres de long, qui fait communiquer les deux cérébrales antérieures et qui forme un septième côté à l'hexagone.

Les vaisseaux de l'encéphale ont été étudiés d'abord en France par Duret (*Archives de physiologie*, 1874), et ensuite en Allemagne par Heubner (*Centralblatt*, 1872). La publication de Duret est postérieure, mais ses recherches ont précédé celles de Heubner.

Deux systèmes de circulation dans le cerveau. — On doit distinguer deux systèmes d'artères dans le cerveau et deux circulations : 1° le système des *artères corticales*, la circulation corticale ou des circonvolutions ; 2° le système des *artères centrales* ou *ganglionnaires*, la circulation centrale ou des ganglions centraux (corps striés et couches optiques).

Ces deux systèmes offrent ceci de remarquable, c'est qu'ils n'ont entre eux *aucune communication;* ils sont complètement indépendants l'un de l'autre. Le système des *artères centrales* est composé d'un grand nombre de petits vaisseaux naissant de l'hexagone de Willis ou du pied des trois artères cérébrales. Les trois artères cérébrales constituent les système des *artères corticales*.

1° *Circulation corticale, circulation des circonvolutions.*

Le sang est apporté aux circonvolutions par les trois artères cérébrales qui émergent des angles antérieur et latéraux de l'hexagone de Willis. Ces trois artères, artères corticales, se ramifient à la surface du cerveau, dans l'épaisseur de la pie-mère, qu'elles constituent, pour ainsi dire, avant de pénétrer dans la substance cérébrale. Chacune des artères cérébrales se rend à une partie de la surface de l'hémisphère, de sorte que cette surface se trouve divisée en trois grandes parties, ou *départements*, sur les limites desquels il se fait des anastomoses peu nombreuses, mais suffisantes cependant pour permettre l'injection des trois artères par une seule d'entre elles, à condition que la matière de l'injection soit suffisamment pénétrante. Le vaste lacis établi par les ramifications de ces artères forme une véritable membrane vasculaire appliquée immédiatement sur la surface du cerveau, dont elle suit tous les angles, toutes les saillies, tous les enfoncements, d'où il résulte qu'il n'existe pas une seule partie de la surface du cerveau, si petite qu'elle soit, qui soit dépourvue de pie-mère.

a. **Département de la cérébrale moyenne**. — L'artère cérébrale moyenne, ou *artère sylvienne*, la plus volumineuse des trois cérébrales, fait suite à la carotide interne et pénètre immédiatement dans la partie la plus profonde de la scissure de Sylvius, dans laquelle elle rampe jusqu'à l'insula de Reil.

Arrivée à l'insula, elle se divise en *quatre branches* flexueuses qui serpentent dans les sillons qui séparent les circonvolutions de ce lobe, pour se montrer ensuite sur la face externe de l'hémisphère cérébral, où elles abordent chacune une circonvolution.

La *première* de ces branches se porte en avant dans la 3e circonvolution frontale (*artère de la 3e circonvolution frontale*).

La *deuxième* monte sur la circonvolution frontale ascendante, qu'elle parcourt de bas en haut jusqu'au voisinage du lobule paracentral (*artère de la circonvolution frontale ascendante*).

La *troisième* se comporte de la même manière sur la circonvolution pariétale ascendante (*artère de la circonvolution pariétale ascendante*).

La *quatrième* se dirige en arrière dans le prolongement postérieur de la scissure de Sylvius et se rend au lobule du pli courbe, au pli courbe et à la première circonvolution temporale (*artère du pli courbe*).

Le département de cette artère sépare le département de la cérébrale antérieure de celui de la cérébrale postérieure. Il correspond à peu près à la face interne de l'os pariétal.

Territoires principaux. — Chacune des branches que je viens de nommer nourrit une portion du département, c'est-à-dire une sorte de *territoire* isolé et indépendant des territoires voisins. Ce sont les *territoires principaux*.

Les branches qui forment ces *quatre territoires* ont entre elles quelques communications, mais de beaucoup moins nombreuses que les anastomoses qui se font entre les vaisseaux des trois départements. Il en résulte que l'oblitération de l'une de ces branches peut produire, dans un grand nombre de cas, l'*ischémie* de la substance nerveuse de son territoire, et consécutivement un *ramollissement ischémique*, c'est-à-dire une fonte, une sorte de désorganisation de la substance nerveuse qui n'est plus alimentée par le sang artériel. Le *département* de la cérébrale moyenne peut donc être divisée en quatre *territoires principaux* : celui de la 3e *circonvolution frontale*, celui de la *circonvolution frontale ascendante*, celui de la *circonvolution pariétale ascendante* et celui du *pli courbe*.

Territoires secondaires. — De chacune des quatre branches de la cérébrale moyenne partent deux, trois ou quatre *rameaux* qui

s'écartent des branches d'où ils naissent, en formant des angles plus ou moins ouverts et qui vont former des *territoires secondaires* plus petits. De sorte que le territoire principal de chacune des branches peut être divisé en deux, trois ou quatre *territoires secondaires*, plus petits, auxquels il est difficile d'appliquer un nom, parce que les rameaux qui s'y rendent ont des dimensions et une direction variables.

Mais ce qu'il importe de retenir, c'est ceci : plus on s'éloigne du *tronc* des artères cérébrales, plus les anastomoses artérielles sont rares. Elles sont assez rares entre les *branches ;* elles sont beaucoup plus rares entre les *rameaux*.

Entre M. Duret qui nie les anastomoses et M. Heubner qui les dit assez nombreuses, il faut adopter une opinion intermédiaire. Ces anastomoses paraissent exister, mais si rares et si étroites qu'il est à peu près fatal de voir l'oblitération d'un rameau produire l'ischémie du petit territoire correspondant, et consécutivement un ramollissement ischémique du cerveau et la paralysie exécutive.

Chacun des rameaux, artères des petits territoires, couvre, en étalant ses *ramuscules*, la surface de son territoire. Les ramuscules qui les terminent sont *pénicillés*, c'est-à-dire qu'ils ressemblent à un pinceau. Les vaisseaux de la substance nerveuse naissent de ces vaisseaux terminaux, et même des parois des troncs, des branches et des rameaux artériels.

Tous les vaisseaux dont nous venons de parler rampent à la surface de la substance grise, et aucun, pas même les ramuscules, ne pénètre dans la pulpe nerveuse. Nous examinerons un peu plus loin les vaisseaux de la substance nerveuse.

L'*artère sylvienne* est parfois oblitérée par un caillot, *embolie ;* il en résulte un ramollissement du territoire cérébral arrosé par cette artère et une hémiplégie.

b. **Département de l'artère cérébrale antérieure**. — Née de la carotide interne, la cérébrale antérieure se dirige en avant et pénètre dans la scissure interhémisphérique. Elle atteint bientôt le genou du corps calleux, parallèlement à celle du côté opposé, jusqu'au lobule quadrilatère, dans lequel elle se termine ordinairement. On peut voir sur la figure 595, que le département qu'elle occupe à la face interne de l'hémisphère est assez étendu.

Les branches fournies par la cérébrale antérieure, indépendamment de petits rameaux qui se jettent dans le corps calleux et dans le gyrus fornicatus qui le contourne, sont au nombre de trois. Elles rampent à la face interne de l'hémisphère cérébral, pour se terminer chacune dans une région distincte. Leur position permet

de les désigner sous les noms simples de branches *antérieure*, *moyenne* et *postérieure*.

La *branche antérieure* prend naissance au niveau du genou du corps calleux, se dirige en avant et en bas, pour se terminer à la face inférieure du lobe frontal. Elle fournit le sang à la partie interne et antérieure de la première circonvolution frontale et aux deux circonvolutions qui limitent le sillon olfactif.

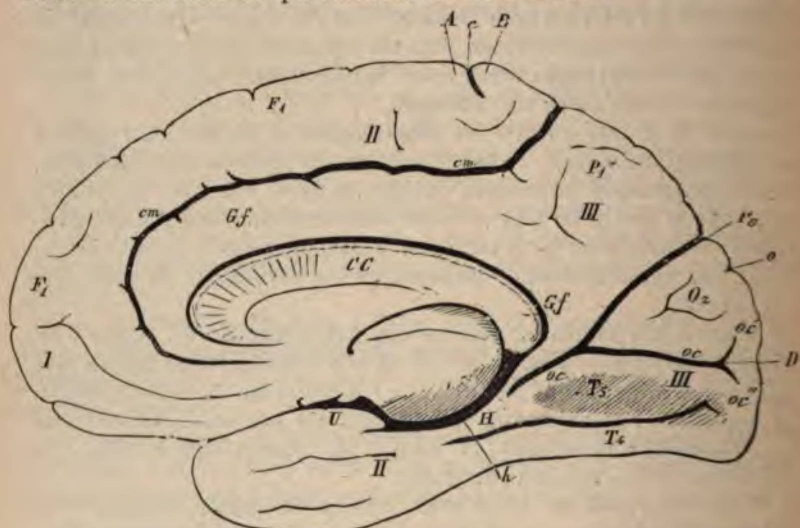


Fig. 595. — Territoires vasculaires de la face interne de l'hémisphère.

CC, corps calleux. — F1, face interne de la première circonvolution frontale. — Gf, circonvolution du corps calleux (gyrus fornicatus). — H, circonvolution de l'hippocampe. — Oz, coin (cuneus de Zwickel). — P1'', avant-coin (præcuneus). — A, partie interne de la circonvolution frontale ascendante. — B, partie interne de la circonvolution pariétale ascendante.

cm, sillon calloso-marginal. — *h*, scissure de l'hippocampe. — *Ps*, scissure pariéto-occipitale. — *oc*, scissure calcarine divisée en *oc'* et *oc''*.

I, territoire de l'artère frontale interne et antérieure. — II, territoire de la frontale interne et moyenne. — III, territoire de la frontale interne et postérieure. (Ces territoires sont limités par des lignes ponctuées.) — II (en bas). Territoire de l'artère temporale postérieure. — II (en bas). Territoire de l'artère occipitale.

La *branche moyenne*, la plus volumineuse, se porte en haut et en arrière. Elle se divise et fournit des rameaux à la partie postérieure de la face interne de la première circonvolution frontale et au lobule paracentral. Quelques-uns de ces rameaux passent sur le bord supérieur de l'hémisphère et atteignent sa face externe, où ils se terminent : 1° dans les première et deuxième circonvolutions frontales ; 2° dans la partie supérieure de la circonvolution frontale ascendante ; 3° dans la partie supérieure de la circonvolution pariétale ascendante, et dans la partie antérieure de la circonvolution pariétale supérieure.

La *branche postérieure* se termine dans le lobule quadrilatère.

Territoires principaux. — Il y a donc trois *territoires principaux* dans le département de la cérébrale antérieure : 1° celui de la branche antérieure, qui comprend la partie antérieure de la face interne de l'hémisphère et la partie interne de la face inférieure du lobe antérieur ; 2° celui de la branche moyenne, qui embrasse la face interne de l'hémisphère, depuis le territoire de la branche antérieure jusqu'au lobule quadrilatère ; il comprend aussi la partie antérieure de la face externe de l'hémisphère, en avant d'une ligne qui partirait du sillon de séparation de la 2e et de la 3e circonvolutions frontales, et qui aboutirait au bord supérieur de l'hémisphère, à deux ou trois centimètres en arrière de la scissure de Rolando ; 3° le territoire de la branche postérieure qui est parfaitement limité et qui comprend seulement le lobule quadrilatère.

Territoires secondaires. — Des territoires secondaires dépendent de chacun des trois territoires principaux. Leur nombre est égal à celui des *rameaux* fournis par les branches artérielles.

Tout ce que nous avons vu relativement au mode de distribution, aux anastomoses et aux conséquences pathologiques du mode de terminaison de la cérébrale moyenne s'applique de tous points à la cérébrale antérieure et à la cérébrale postérieure.

c. **Département de l'artère cérébrale postérieure.** — Après son origine sur l'artère vertébrale, la cérébrale postérieure se porte au-dessous du pédoncule cérébral qu'elle contourne et se dirige en arrière, en suivant d'abord les parties latérales de la fente de Bichat.

Elle suit la partie interne du lobe postérieur du cerveau pour se perdre dans la corne occipitale. Cette artère fournit trois branches : *antérieure*, *moyenne* et *postérieure*.

Le département de cette artère occupe la partie postérieure de la face interne de l'hémisphère, en arrière du lobule quadrilatère, toute la face inférieure du lobe temporal et du lobe occipital, toute la face externe du lobe occipital, jusqu'à la scissure perpendiculaire externe et jusqu'au pli courbe, enfin la face externe du lobe temporal, excepté la première circonvolution temporale.

Territoires principaux. — La *branche antérieure* se rend à la partie antérieure des circonvolutions temporo-occipitales, pour y former un territoire principal qui comprend la plus grande partie de la corne sphénoïdale du cerveau et de la face externe du lobe temporal.

La *branche moyenne* se porte vers la partie moyenne des mêmes

circonvolutions et empiète un peu sur la face externe des circonvolutions temporales, la première exceptée. Ce deuxième territoire est intermédiaire au précédent et à celui qui suit.

La *branche postérieure* se répand sur les trois faces et sur le sommet de la corne occipitale du cerveau. Elle remonte en dedans jusqu'au cuneus. Ce territoire a donc la forme d'une pyramide triangulaire à sommet postérieur. Il est très étendu.

Est-il besoin de dire que les *rameaux* des branches artérielles donnent naissance à autant de territoires secondaires qu'il y a de rameaux ?

Terminaison des artères cérébrales dans la pulpe nerveuse. — Ce qui précède a trait uniquement à la disposition des vaisseaux ramifiés à la surface de la pulpe nerveuse, dans l'épaisseur de la pie-mère. Les territoires que nous avons désignés jusqu'à présent doivent être envisagés seulement *en surface*. Nous allons les étudier maintenant *en profondeur*.

Si vous soulevez délicatement un point quelconque de la pie-mère, vous constaterez qu'il se détache de la face profonde un nombre considérable de vaisseaux très fins qui pénètrent perpendiculairement dans la substance cérébrale. Tous ces vaisseaux conservent leur indépendance jusqu'au centre du cerveau ; et comme ils vont en convergeant des parties superficielles vers les parties centrales, vous devez comprendre que tous les vaisseaux dépendant du même territoire représentent un *cône* dont la base correspond à la surface du cerveau et dont le sommet est dirigé vers le centre.

Effet de l'oblitération des artères cérébrales. — On sait, qu'après l'oblitération d'une branche ou d'un rameau artériel de la pie-mère, la partie correspondante de la pulpe nerveuse ne recevant plus de sang, il se forme un ramollissement ischémique en forme de cône ayant la disposition que je viens d'indiquer, ramollissement formant, lorsqu'il est un peu ancien, ce qu'on appelle une *plaque jaune*, à cause de la couleur jaune que présente sa surface libre. Il se produit ici, lorsqu'une artère est oblitérée, les mêmes phénomènes qu'on observe dans les reins, la rate et le poumon, lorsqu'ils deviennent le siège d'*infarctus*.

Infarctus. — Dans les infarctus, la lésion est également conique à base dirigée vers la surface de l'organe ; mais cet infarctus se produit en sens inverse. Je m'explique.

L'infarctus type ne se produit que dans les viscères où les artères se divisent en branches, formant des départements particuliers et ne s'anastomosant pas entre elles, comme dans la rate, le foie et le poumon ; dans ce dernier organe, par exemple, on voit une

artériole se terminer dans un lobule et ne communiquer avec celle du lobule voisin par aucune anastomose. Si cette artériole vient à être oblitérée, la partie du tissu où elle portait le sang, étant privée du liquide nourricier, va se désorganiser, se ramollir, se gangréner, de manière à former un foyer conique dont le sommet correspondra au point de l'oblitération et la base aux

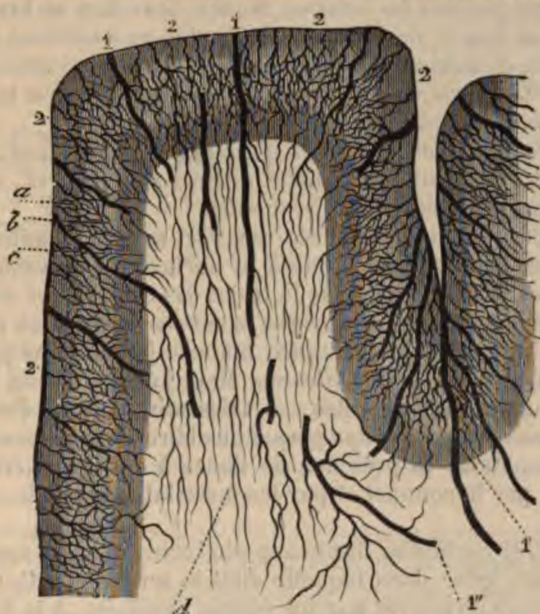


Fig. 596. — Schéma de la distribution des vaisseaux dans l'écorce cérébrale.

1, 1, artères médullaires. — 1', groupe d'artères médullaires partant du fond d'une anfractuosité. — 1'', artères des fibres commissurales de Gratiolet. — 2, 2, 2, artères corticales. — *a*, réseau capillaire à mailles serrées situé sous la pie-mère. — *b*, réseau à mailles polygonales plus serrées situé dans la région de la substance grise. — *c*, réseau de transition à mailles plus larges. — *d*, réseau capillaire de la substance blanche (Raymond).

capillaires, du côté de la surface de l'organe. Voilà ce qu'on appelle *infarctus*.

Il existe donc une grande analogie entre l'infarctus et le ramollissement ischémique. Ils ont tous les deux une forme conique, et si j'ai dit qu'ils se produisent en sens inverse, c'est parce que, dans le ramollissement, l'oblitération artérielle siège à la surface même du cerveau, et que les artérioles qui naissent des ramifications de l'artère oblitérée pénètrent dans la pulpe cérébrale en convergeant.

Nature des vaisseaux de la pulpe. — Les vaisseaux fins qui pénè-

trent dans la substance nerveuse ne sont pas des capillaires, mais des artérioles possédant encore les trois tuniques des artères; ils ne deviennent capillaires que dans l'épaisseur de la pulpe nerveuse.

Ces artérioles ne sont pas seulement la terminaison des rameaux de la surface du cerveau, mais aussi des ramuscules collatéraux qui naissent de tous les artères, troncs, branches et rameaux, le long de leur trajet. Les artères cérébrales possèdent ce caractère particulier, d'émettre sur tout leur trajet de fines artérioles, de sorte qu'elles paraissent entourées d'un fin chevelu, à la manière des racines de certaines plantes.

Il y a deux espèces d'artères dans la pulpe nerveuse : les unes se rendent à la substance blanche, *artères médullaires ;* les autres à la substance grise, *artères corticales.*

Les *artères médullaires*, très longues, sont la terminaison des ramuscules artériels répandus à la surface du cerveau, ou des branches collatérales nées sur le trajet des artères qui serpentent dans la pie-mère. Elles traversent la substance grise et pénètren en droite ligne dans la substance blanche jusqu'à une petite distance des noyaux gris centraux. Mais jamais on ne constate aucune communication entre ces vaisseaux et ceux des noyaux gris centraux. Sur une coupe perpendiculaire d'une circonvolution, on peut constater la présence de douze à quinze artérioles qui pénètrent par le sommet et par les faces latérales de la circonvolution.

Les *artères corticales,* beaucoup plus courtes, ne dépassent pas la substance grise dans laquelle elles se terminent. Ces artères, très grêles, se terminent par un réseau capillaire, à la formation duquel concourent les capillaires nés sur le trajet des artères médullaires.

Le réseau capillaire de la substance blanche a des mailles allongées dans le sens des faisceaux de fibres.

Le réseau capillaire de la substance grise est beaucoup plus riche et sa présence concourt à donner à la substance grise sa coloration. Ce réseau est très serré dans les couches de cellules nerveuses, c'est-à-dire dans la deuxième et troisième couches de substance grise : les mailles du réseau sont polygonales ou plus ou moins arrondies.

Les *veines*, nées des capillaires de la substance blanche et de la substance grise, rapportent le sang vers la surface du cerveau. Elles s'anastomosent entre elles et forment un véritable plexus nerveux dans l'épaisseur de la pie-mère. Ces vaisseaux, dépourvus de valvules, augmentent de volume en s'anastomosant et se jettent dans les sinus de la dure-mère.

Avant de terminer, je rappelle, encore une fois, que les vaisseaux corticaux n'ont aucune communication avec les vaisseaux centraux.

2° *Circulation centrale, circulation des noyaux gris centraux.*

Les artères de la circulation centrale pénètrent dans le cerveau par la base, c'est-à-dire verticalement pour se porter dans le corps strié et dans la couche optique. On peut les diviser en artères *striées* et artères *optiques*.

a. **Artères striées.** — Elles naissent de l'origine de la cérébrale antérieure et de la cérébrale moyenne.

Artères striées antérieures. — Elles viennent de la cérébrale antérieure ; elles ne sont pas constantes. Elles forment une sorte de chevelu qui pénètre la substance cérébrale de bas en haut.

Artères striées moyennes. — Les artères striées qui naissent de la cérébrale moyenne sont plus nombreuses et plus volumineuses. Elles forment un groupe extrêmement important qui passe par les trous de la substance perforée antérieure et qui aborde le noyau lenticulaire par sa partie inférieure. A ce niveau, ces artères se divisent en deux groupes : les *artères striées externes* et les *artères striées internes*.

Artères striées externes. — Celles-ci se répandent, en formant une sorte d'évantail, sur la face externe du noyau lenticulaire, entre ce noyau et la capsule externe. Arrivées près de la partie supérieure du noyau lenticulaire, elles pénètrent dans son segment externe, pour suivre ensuite la direction des fibres de la capsule interne.

En sortant du noyau lenticulaire pour traverser la capsule interne, les artères striées externes forment deux groupes différents : les artères lenticulo-striées et les artères lenticulo-optiques.

Les *artères lenticulo-striées* traversent la région lenticulo-striée de la capsule interne et se jettent dans le noyau caudé.

Les *artères lenticulo-optiques*, après avoir traversé la partie postérieure, ou lenticulo-optique, de la capsule interne, se jettent dans la partie antérieure et externe de la couche optique, où elles se terminent.

Parmi les artères lenticulo-striées, il y en a une très importante à cause de son volume et de sa longueur ; elle traverse la capsule interne vers sa partie moyenne, puis elle se porte en avant dans l'épaisseur du noyau caudé jusqu'à son extrémité antérieure, où

elle se termine. C'est cette branche que Charcot nommait *artère de l'hémorragie cérébrale.* Nous avons déjà vu, en étudiant le noyau lenticulaire, que ce dernier est séparé de la capsule externe par un espace virtuel dans lequel le sang s'infiltre facilement à la suite de la rupture d'une des artères striées externes, phénomène qui s'explique, puisqu'il n'y a aucune adhérence, aucune communication, entre le noyau lenticulaire et la capsule externe.



Fig. 597. — Coupe transversale du cerveau pratiquée à un centimètre en arrière du chiasma. Artères du corps strié.

B, bandelette optique. — Ch, chiasma, — C, noyau caudé, — E, capsule externe. — I, capsule interne ou pied de la couronne rayonnante. — L, noyau lenticulaire. — O, substance grise du troisième ventricule. — PP, piliers du trigone. — R, insula. — T, noyau tœniforme, avant-mur. — V, V, coupe des ventricules latéraux.

I, territoire vasculaire de l'artère cérébrale antérieure. — II, T. de la cérébrale moyenne. — III, T. de la cérébrale postérieure. — 1, artère carotide interne. — 2, sylvienne. — 3, cérébrale antérieure. — 4, 4', artères externes du corps strié ou lenticulo-striées. — 5, 5, artères internes du corps strié ou lenticulo-optiques (Raymond).

Artères striées internes. — Elles sont formées par le groupe des artères striées qui pénètrent dans les segments interne et moyen du noyau lenticulaire, en dedans, par conséquent, des artères striées externes. Ces vaisseaux traversent le noyau lenticulaire de bas en haut, passent à travers la capsule interne et se terminent dans le noyau caudé.

b. **Artères optiques.** — Les artères de la couche optique sont les optiques externes, les optiques inférieures, l'optique postérieure et interne et l'optique postérieure et externe.

Les *artères optiques externes* sont la terminaison des lenticulo-optiques, terminaison des branches postérieures des striés externes. Je viens de les décrire.

Les *artères optiques inférieures* sont des artères nombreuses, nées de l'origine de la cérébrale postérieure et pénétrant dans les trous de l'espace perforé postérieur ; elles se rendent aux parois du ventricule moyen, autrement dit, à la face interne des couches optiques.

L'*artère optique postérieure et interne* naît à l'origine de la cérébrale postérieure, au niveau du point où cette artère s'engage au-dessous du pédoncule cérébral. Elle se porte à la partie postérieure et interne de la couche optique, en pénétrant la substance cérébrale au niveau du bord interne du pédoncule cérébral. Elle



Fig. 598. — Schéma montrant la disposition relative des vaisseaux lenticulo-optiques et lenticulo-striés (Raymond).

donne, en outre, des rameaux aux tubercules quadrijumeaux et au plan supérieur du pédoncule cérébral.

L'*artère optique postérieure et externe* prend naissance également sur l'artère cérébrale postérieure, en dehors du pédoncule cérébral, dans la fente de Bichat, puis elle se jette dans la partie postérieure et externe de la couche optique.

Remarques. — Toutes les artères que je viens de décrire se distinguent des artères du système cortical en ce qu'elles sont relativement très volumineuses ; leur diamètre varie entre un demi-millimètre et un millimètre.

Les artères striées externes se font remarquer par leur nombre et par leur volume. Toutes ces artères offrent deux points particuliers fort importants : 1° elles n'ont aucune communication avec le système des artères corticales ; 2° elles forment des *artères terminales*, c'est-à-dire qu'elles n'offrent entre elles aucune anasto-

mose, de sorte que chacune d'elles se porte dans un petit territoire spécial, territoire en forme de cône, dont le sommet inférieur correspond à l'origine de l'artère et dont la base répond à la face supérieure du corps strié. Remarquez que l'absence d'anastomoses collatérales dans ces artères, le volume de ces vaisseaux et leur direction verticale, sont autant de conditions qui favorisent la rupture des artères striées et prédisposent aux hémorragies cérébrales.



Fig. 599. — Terminaison des artères centrales du cerveau.

1, artères striées antérieures. — 2, artères lenticulo-striées, groupe antérieur des striées externes. — 3, artère de l'hémorragie cérébrale (Charcot). — 4, artères lenticulo-optiques, groupe postérieur des striées externes. — 5, artères optiques inférieures. — 6, artère optique postérieure et interne. — 7, artère optique postérieure et externe.

NUTRITION DES CELLULES NERVEUSES

Les centres nerveux renferment une grande quantité de vaisseaux, dont l'étude a été faite avec la moelle et avec l'encéphale. Je ferai remarquer ici simplement que les vaisseaux du tissu des centres nerveux, en raison de sa délicatesse et de sa susceptibilité fort probablement, ne se ramifient pas à l'intérieur de ces centres, comme ils le font dans d'autres organes. Prenons le foie par exemple ; dans le foie et dans tous les autres organes, les artères pénètrent en se ramifiant de plus en plus, comme les branches d'un arbre, en formant de véritables *dendrites artérielles*. Rien de semblable n'existe dans les centres nerveux. On n'y trouve ni branches artérielles, ni ramifications veineuses d'un certain calibre, on y voit seulement des artérioles, des capillaires et des veinules.

En effet, les ramifications des carotides internes et des vertébrales pour l'encéphale, des artères spinales pour la moelle, se font dans l'épaisseur de la pie-mère, où elles forment un vaste lacis vasculaire, dont les vaisseaux s'anastomosent en réseau à mailles serrées.

De ce réseau vasculaire, appliqué sur toute l'étendue de la surface des centres nerveux dont il suit tous les détours, tous les

intervalles, toutes les anfractuosités, avec la plus scrupuleuse sollicitude, on voit se détacher des artérioles et des capillaires, aussi bien de la pie-mère qui recouvre la surface des centres nerveux que de la pie-mère située à l'intérieur des ventricules. Ces vaisseaux pénètrent dans la substance grise, dans laquelle ils se ramifient, et donnent naissance à des capillaires qui entourent les cellules nerveuses de leurs mailles étroites.

Le réseau capillaire, très abondant dans la substance grise, se porte ensuite dans la substance blanche où il forme des mailles allongées dans le sens des fibres. Il ne faut pas perdre de vue la richesse vasculaire de la substance grise comparée à celle de la substance blanche.

Le sang passe des capillaires dans de petites veinules qui sortent des centres nerveux, pour former un vaste réseau veineux dans l'épaisseur de la pie-mère et pour se jeter en définitive dans les sinus veineux de la dure-mère, sinus incompressibles et indilatables. Il est à remarquer que tout a été disposé pour soustraire la pulpe délicate des centres nerveux aux changements brusques du volume des vaisseaux. C'est ainsi que les battements artériels sont sans effet sur la substance nerveuse puisque les artères battent au milieu du liquide céphalo-rachidien qui les baigne ; c'est ainsi que les gros troncs veineux sont logés dans les sinus de la dure-mère indilatables, je le répète, et incompressibles.

Les deux seuls vaisseaux d'un certain volume existant dans le cerveau, sont l'artère et la veine du corps strié. Encore faut-il remarquer qu'ils sont situés sur la paroi d'une cavité, le ventricule latéral.

Malgré toutes les précautions prises par la nature pour préserver la substance nerveuse, celle-ci n'en est pas moins sujette à des accidents, presque toujours consécutifs à l'altération des parois vasculaires.

L'étude des vaisseaux capillaires n'offre pas seulement un intérêt anatomique. Les cellules sont entourées par les capillaires et beaucoup d'entre elles sont enveloppées par une maille vasculaire. La cellule nerveuse, comme tous les autres éléments anatomiques, est toujours entourée d'une atmosphère liquide sortie des vaisseaux (lymphe). Elle se nourrit aux dépens de ce liquide, et elle y verse les produits de son travail intérieur, de son élaboration (fig. 600).

Si le *liquide nutritif* sort par endosmose à travers la paroi endothéliale des capillaires, les substances issues de la cellule, les déchets, dissous dans ce même liquide, rentrent également par endosmose dans le sang, ou bien ils suivent la voie des vaisseaux lymphatiques. Que ce soit par la voie de la circulation sanguine

ou par celle des lymphatiques qui se jettent en définitive dans les veines, les déchets des cellules nerveuses (1) n'en vont pas moins au cœur et au poumon d'où ils reviennent à la plupart des organes, parmi lesquels se trouvent les centres nerveux.

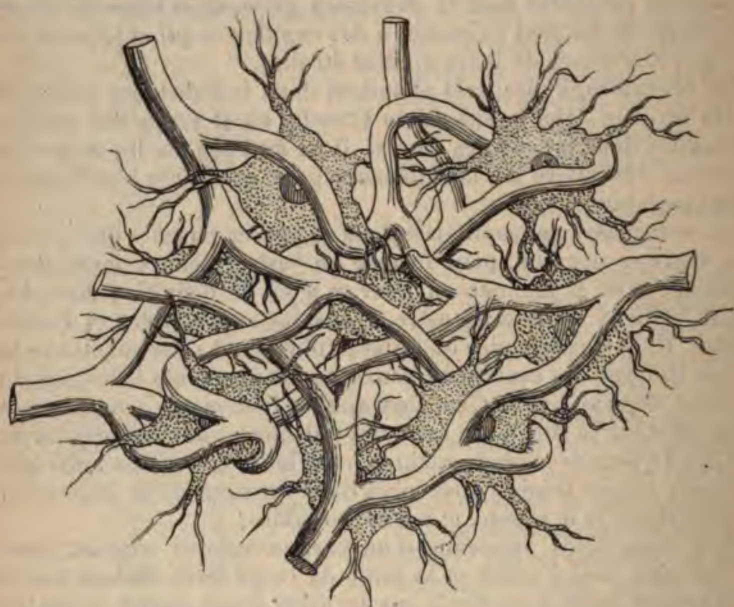


Fig. 600. — Cellules nerveuses au milieu des mailles du réseau capillaire.

Les vaisseaux capillaires qui entourent les cellules nerveuses sont remplis de ce sang banal que nous connaissons tous, formé de plasma et de globules. Mais ce sang contient en outre la transformation des substances alimentaires que l'homme introduit sagement, selon les lois de l'hygiène, dans son sang, à des heures régulières, par l'alimentation.

Action des substances introduites dans le sang sur les cellules nerveuses. — Mais il est fort intéressant de savoir ce qui se

(1) Contrairement aux fibres musculaires, qui consomment une grande quantité de matériaux hydrocarbonés et très peu d'albuminoïdes, les cellules nerveuses ont besoin d'albuminoïdes. Plus leur travail est intense, plus leurs déchets sont considérables. Dans l'urine et dans la bile, on rencontre les déchets de la combustion des albuminoïdes, comme l'*urée*. La quantité d'urée augmente à mesure que l'activité cérébrale est plus intense (Byasson). Selon Flint, le produit excrémentitiel des éléments nerveux serait la *cholestérine* qui serait excrétée par le foie.

passe, lorsque des substances alimentaires ou non alimentaires sont introduites dans le sang par la thérapeutique, par le vice, par le crime.

La cellule nerveuse est d'une *délicatesse* extrême, c'est une source d'électricité; elle se révolte avec facilité, elle est très accessible aux maladies. Il n'est pas étonnant que cet organe, si délicat, change de forme et de dimensions sous l'influence de la fatigue. Il travaille, il a donc besoin de repos, et le sommeil n'est autre chose que l'épuisement, la cessation momentanée de la fonction de la cellule nerveuse. On dort par fatigue de la cellule, et un peu par habitude.

L'influence des substances introduites dans le système circulatoire prouve la susceptibilité des cellules nerveuses.

On *chloroformise* un malade; le chloroforme arrive aux lobules pulmonaires à l'état de vapeur, de gaz. Il traverse la couche endothéliale et celle du capillaire de l'alvéole, et il se dissout dans le plasma du sang. Il parcourt le système circulatoire et s'accumule dans le sang. Il n'a d'action sur aucun organe, sur aucun tissu, sur aucun élément anatomique, sauf un, la *cellule nerveuse*. Une minime quantité de chloroforme dissous dans l'eau du sang sort du capillaire avec le liquide qui baigne la cellule et cette minime quantité de chloroforme suffit pour engourdir la cellule (1), la stupéfier, la paralyser momentanément. Tout est anéanti, les cellules motrices, sensitives et psychiques. Le malade ne pense plus, ne sent plus, ne se meut plus. Les cellules psychiques sont d'abord influencées, puis les centres médullaires, les réflexes. Parfois l'engourdissement de la cellule est précédé d'un mouvement de révolte, qui se traduit par de l'agitation musculaire, puis la cellule vaincue se rend, elle ne fonctionne plus, sa vie est suspendue, le malade dort. Ce qui prouve que toutes les cellules ne sont pas de même qualité, c'est que le chloroforme et les autres anesthésiques, sont sans action sur les cellules du bulbe rachidien et de la moelle qui président à la respiration par le phrénique et les nerfs des muscles dilatateurs de la glotte, et à la circulation du cœur; il est également sans action sur les cellules nerveuses d'où procèdent les nerfs de l'utérus puisqu'une femme peut accoucher étant chloroformée. Lorsque le poumon, organe excréteur des substances volatiles contenues dans le sang, a éliminé une certaine quantité de l'anesthésique, le malade se réveille, mais il reste pendant quelques heures dans une sorte d'engourdissement qui se dissipe peu à peu.

(1) Il ne faut pas plus de deux à trois grammes de chloroforme volatilisé dans les cinq litres de sang contenus dans le corps pour produire le sommeil anesthésique.

Le *café* exerce une action spéciale sur les cellules nerveuses ; il agit en les excitant. Qui n'a pas entendu dire que le travail intellectuel est mieux conditionné après absorption d'une tasse de café ? Les professeurs, les avocats en font tous les jours l'expérience. Le café donne au corps plus de vivacité en excitant les reflexes médullaires. Cette substance augmente donc le pouvoir excito-moteur de la moelle comme elle excite les cellules cérébrales.

Le *thé* agit de même, mais à un moindre degré. J'ai fait un jour l'expérience suivante; j'ai bu d'un seul coup l'infusion de 500 grammes de café. C'était en 1882 : je voulais prouver l'action du café sur le système nerveux. Résultat : privation absolue de sommeil pendant trois jours, contractions spasmodiques variées dans presque toutes les parties du corps, crampes insupportables, grande agitation.

Alcoolisme. — Si j'ai parlé du chloroforme et du café dont l'action est bien connue, c'est pour en arriver à l'alcool et à l'absinthe, ces grands poisons de l'ère présente. Un ivrogne n'a jamais été bon à rien. L'ivrogne est incapable d'une vie régulière persistante. Ses cellules cérébrales sont altérées par l'alcool. L'alcool, introduit dans le tube digestif et absorbé, passe dans le sang comme le chloroforme dont je viens de parler. Une petite quantité sort de la paroi des capillaires et baigne la cellule nerveuse qui se trouve surexcitée par son contact, d'où un peu d'ébriété et une suractivité de la cellule nerveuse. Jusqu'ici il n'y pas grand mal ; mais l'action se continuant, toutes les cellules sont attaquées, les cellules psychiques d'abord, les motrices et les sensitives ensuite. Une fois en passant, je le répète, n'est pas chose grave. Mais ce qui est grave, c'est l'habitude, c'est la continuation, c'est en un mot l'alcoolisme chronique. Les cellules nerveuses sont imprégnées d'alcool, elles fonctionnent mal et les actes de la vie se ressentent de l'altération qui atteint surtout les cellules psychiques.

On peut être un alcoolique sans jamais avoir été ivre. L'empoisonnement s'est effectué lentement ; la cellule nerveuse s'est gorgée d'alcool. Un beau jour, on se réveille complètement intoxiqué, fou, prêt pour tout, même pour le meurtre et le suicide.

Il ne manque pas de gens qui s'imaginent que l'usage régulier des alcools est salutaire et que le corps leur doit une recrudescence de force et des digestions plus faciles. L'erreur est absolue. Sous le coup de fouet que donne le recours aux boissons fortement alcoolisées, l'homme est capable peut-être d'un effort dont il tire, dans le moment même, quelque avantage. Mais cet effort l'a vite épuisé.

Il est faux de dire que l'alcool soutient et réconforte. Il est démontré, de plus, que ceux qui font un usage régulier des alcools ont leur digestion très ralentie. Ils l'activeraient, au contraire, en buvant simplement de l'eau.

Mais on s'est à ce point accoutumé à l'intoxication alcoolique qu'elle fait illusion, et on ne réfléchit pas au danger qu'il y a d'introduire dans l'économie des eaux-de-vie sophistiquées, imprégnées d'aldéhydes, d'acides et d'éthers aux propriétés épileptisantes. Il est hors de doute que les hommes qui se sont ainsi, petit à petit, intoxiqués, même sans avoir poussé jusqu'à l'ivresse l'usage des alcools, font souche de *dégénérés*. Leurs enfants se font remarquer par leur instabilité mentale, leur caractère combatif et les impulsions qu'ils ressentent.

Injections hypodermiques.

Les médicaments introduits dans le corps agissent de même sur les cellules nerveuses. Injectés purs, et sans crainte qu'ils soient altérés par les liquides du tube digestif, les médicaments en solution (*corpora non agunt nisi soluta*), sont poussés sous la peau par la seringue de Pravaz; ils passent dans les capillaires, par absorption, ils circulent dans les vaisseaux et arrivent aux cellules nerveuses.

La plupart des médicaments et des poisons introduits dans le sang n'ont aucune action sur les tissus, ils agissent en général sur les cellules nerveuses.

FONCTIONS ET ALTÉRATIONS DU CERVEAU HUMAIN

Le cerveau de l'homme, comme celui des animaux supérieurs, est le siège des plus hautes fonctions.

Nous savons qu'il est formé de cellules innombrables qui composent la substance grise, et de fibres blanches étendues entre les cellules. Chaque fibre a donc sa cellule originelle et sa cellule terminale. Que ce soit une *fibre d'association* entre deux points voisins du même hémisphère, que ce soit une *fibre commissurale* reliant deux points symétriques dans les deux hémisphères, que ce soit enfin une *fibre de projection*, qui s'arrête dans les masses grises de la base du cerveau, ou qui se prolonge jusqu'à la moelle, il faut toujours à la fibre sa *cellule d'origine* et sa *cellule de terminaison*.

De sorte que la substance du cerveau et des centres nerveux est un assemblage de neurones moteurs, de neurones sensitifs, de neurones de sensibilité spéciale, et de neurones de nature encore indéterminée (psychiques ?).

Les fibres nerveuses sont des fils conducteurs, cela est certain.

C'est donc dans la substance grise des circonvolutions qu'il faut localiser les fonctions cérébrales, l'action nerveuse.

Je commence par éliminer les deux masses grises de la base du cerveau, les deux gros ganglions, *couche optique* et *corps strié*, sur lesquels on ne possède que des données incertaines. Cette incertitude est étonnante, étant donné que ces ganglions possèdent une masse considérable de cellules nerveuses et qu'ils reçoivent de nombreuses fibres.

Couche optique. — On a fait de la couche optique le centre d'une foule de fonctions, mais à mesure qu'un auteur lui assigne un rôle déterminé, un autre vient qui prouve que la couche optique remplit une fonction contraire (Serres, Flourens, Luys, E. Fournier, Meynert, Wundt, etc.). On admet, aujourd'hui, sans que cela soit prouvé, depuis Meynert et Wundt, que les couches optiques sont le centre des mouvements réflexes inconscients de la locomotion. Lorsqu'un homme marche automatiquement sans s'en rendre compte, et l'esprit préoccupé d'ailleurs, on pense que le centre de ces mouvements réflexes automatiques siège dans la couche optique.

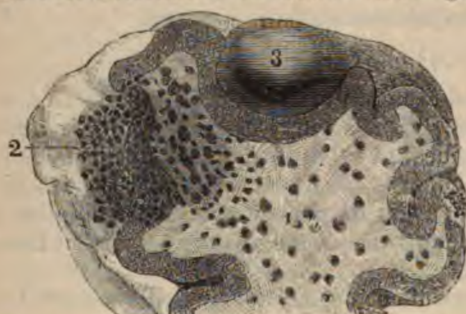


Fig. 601. — Lésions produites par l'ébranlement violent de la pulpe cérébrale.

1, petits foyers hémorragiques miliaires produits par la *commotion* cérébrale. — 2, réunion d'un grand nombre de petits foyers hémorragiques dans ce même lieu, et léger épanchement sanguin, dans la *contusion* du cerveau. — 3, épanchement sanguin traumatique déterminant la *compression* du cerveau.

Corps strié. — L'évolution du cerveau démontre que les corps striés font partie de l'écorce cérébrale. On pense qu'ils ne manquent pas d'analogie avec les centres moteurs de la substance grise des circonvolutions. Ils donnent passage et ils donnent peut-être naissance aux fibres motrices volontaires qui portent les ordres de contraction. Enlevez le noyau caudé ou le noyau lenticulaire à un animal, il sera privé du mouvement volontaire du côté opposé (Ferrier, Nothnagel, Duret et Carville, etc).

La *pathologie* nous enseigne que les hémorragies cérébrales sont fréquentes dans les ganglions de la base du cerveau, surtout dans le corps strié, à cause de leur grande vascularité et à cause

de la présence des gros vaisseaux striés. Dans tous les cas, il y a *paralysie croisée* du mouvement et de la sensibilité.

L'hémorragie s'étend parfois très loin dans les apoplexies foudroyantes. Cette extension est favorisée par la mollesse de la substance cérébrale.

Sa mollesse est telle que des chocs sur la tête par des instruments contondants, ou des chutes, peuvent ébranler la masse cérébrale au point d'en déterminer des lésions variées de commotion, contusion et compression cérébrales, comme le montre la figure 601.

Un seul hémisphère cérébral suffit quelquefois à l'accomplissement des fonctions du cerveau. — La destruction lente d'un hémisphère cérébral, chez l'homme, passe quelquefois inaperçue ; on a vu une grande quantité de substance nerveuse sortir insensiblement par une plaie du crâne, sans que cette issue détermine des symptômes particuliers. Bichat (1), qui jouissait de facultés intellectuelles si brillantes, avait un hémisphère atrophié, presque détruit ; la lésion était très ancienne, ce que démontra l'autopsie. On peut enlever un hémisphère à un animal : lorsqu'il est remis de la faiblesse occasionnée par l'opération, on constate que tous les phénomènes nerveux se produisent comme s'il n'existait aucune lésion.



Fig. 602. — Hydrocéphalie produite par accumulation d'un liquide séreux dans le ventricule latéral droit.

Hydrocéphalie. — Il existe une variété d'*hydrocéphalie* dans laquelle un liquide séreux abondant remplit l'un des ventricules latéraux, distend ses parois et finit par déplisser les circonvolutions (fig. 602). L'hémisphère dilaté comprime l'hémisphère sain,

(1) Bichat (Marie-François-Xavier). Né le 11 novembre 1771, mort le 22 juillet 1802. Ne vécut que 31 ans. Médecin du Grand Hospice d'Humanité (Hôtel-Dieu), professeur libre d'anatomie et de physiologie.

L'un des plus beaux génies dont s'honore la médecine. Fondateur de l'anatomie générale.

dont les fonctions deviennent obtuses, uniquement par compression (hydrocéphalie ventriculaire). Le plus souvent l'hydrocéphalie est due à une accumulation de liquide entre l'encéphale et les os du crâne. On la dit alors *arachnoïdienne*.

L'hydrocéphalie, qui ne s'observe guère que chez les enfants, écarte les os du crâne dont le tissu des sutures s'étend démesurément. L'écartement des os rappelle les pétales d'une corolle (fig. 603).



Fig. 603. — Tête d'hydrocéphale.

1, 1, frontaux. — 2, 2, pariétaux. — 3, membrane de la fontanelle antérieure distendue.

Facultés. — C'est évidemment dans la couche corticale grise du cerveau que nous devons rechercher le siège de toutes les facultés. De grands progrès ont été réalisés dans ces dernières années dans cette voie. Malgré ces progrès dûment constatés, il reste encore beaucoup à faire.

Les régions qui président aux mouvements volontaires étaient considérées autrefois comme indépendantes des régions sensitives, mais depuis les travaux les plus récents, travaux dont les résultats sont incontestables, on admet aujourd'hui que les centres sensitifs siègent dans les mêmes régions que les centres moteurs. On les appelle aujourd'hui *centres sensitivo-moteurs* (1).

Centres sensitivo-moteurs. — Les centres sensitivo-moteurs connus siègent dans la *région fronto-pariétale*, appelée encore *zone rolandique*, à cause de son voisinage avec la scissure de Rolando. On l'appelle encore *zone épileptogène* et *zone excitable*.

Les centres de la région rolandique, formés de cellules sensitives et de cellules motrices, constituent la *sphère tactile* de Flechsig, où arrivent toutes les fibres sensitives périphériques, et d'où partent les fibres motrices. Il convient de dire que la sphère tactile de Flechsig (2) est plus étendue et qu'elle comprend le pied des

(1) Les découvertes récentes n'ont rien de commun avec le système de Gall (phrénologie) qui pensait que les diverses facultés de l'intelligence siégeaient dans des saillies du cerveau produisant des bosses sur le crâne.

(2) Dans les deux figures de Flechsig (604 et 605) le ponctué serré correspond à l'origine des fibres motrices et le ponctué lâche représente la terminaison des fibres sensitives.

trois circonvolutions frontales, la partie moyenne de la circonvolution du corps calleux, et une partie de la face interne de la première circonvolution frontale.

Ces centres ont été découverts d'après les données de l'expérimentation et de la pathologie. Lorsqu'on les excite on produit des mouvements dans des muscles déterminés. Si on les détruit, on paralyse ces mêmes muscles. S'ils deviennent le siège de lésions, si un fragment osseux vient comprimer le centre, on observe la paralysie des muscles correspondants, et si, par une opération heureuse, on relève le fragment osseux qui comprime, la paralysie correspondante disparaît.



Fig. 604. — Sphères de sensibilité de la face interne de l'hémisphère. (Flechsig).

1, sphère tactile générale. — 2, lobe antérieur de l'hémisphère. — 3, sphère olfactive. — 4, lobe occipital. — 5, sphère visuelle. — 6, région du lobe quadrilatère.

On connaît trois centres sensivito-moteurs pour les mouvements volontaires :

1° Le *centre moteur du membre inférieur* qui occupe la substance grise du quart supérieur de la circonvolution frontale ascendante et de la circonvolution pariétale ascendante, ainsi que le lobule paracentral;



Fig. 605. — Sphères de sensibilité de la face externe (Flechsig).

1, sphère tactile générale. — 2, lobe frontal. — 3, sphère auditive. — 4, circonvolutions temporales. — 5, sphère visuelle. — 6, lobe pariétal.

2° Le *centre moteur du membre supérieur* qui siège dans les deux quarts moyens des mêmes circonvolutions;

3° Le *centre des mouvements de la langue et de la face*, excepté les muscles des yeux, des paupières et du front. Ce centre siège dans la substance grise du quart inférieur des mêmes circonvolutions et dans l'opercule rolandique.

Pour se rappeler le siège de ces centres, il faut observer que le

centre le plus inférieur donne les mouvements à la région la plus rapprochée des centres, et que le supérieur préside aux mouvements des parties les plus inférieures, c'est-à-dire les plus éloignées.

Les centres moteurs que je viens d'indiquer sont de découverte récente.

En 1870, Fritsch et Hitzig, remarquèrent qu'un courant électrique traversant le cerveau produisait des contractions musculaires. En 1874, Hitzig publia un mémoire dans lequel il annon-

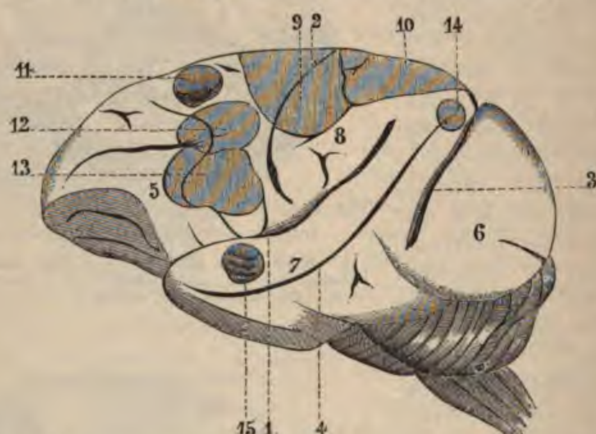


Fig. 606. — Face externe du cerveau du singe magot Pithecus Innuus (d'après Broca et Gromier). Ces centres sont un peu différents de ceux qu'on observe chez l'homme.

1, scissure de Sylvius. — 2, scissure de Rolando, — 3, scissure perpendiculaire externe. — 4, scissure parallèle. — 5, pli frontal ascendant. — 6, lobe occipital. — 7, pli marginal inférieur, première circonvolution temporale. — 8, circonvolution pariétale ascendante. — 9, centres pour les mouvements volontaires du membre antérieur. — 10, centres pour le membre postérieur. — 11, mouvements de rotation de la tête et du cou. — 12, mouvements des muscles de la face. — 13, mouvements de la langue, des mâchoires, etc. — 14, certains mouvements des yeux, vision. — 15, centre en rapport avec les mouvements des oreilles et l'audition.

çait que l'excitation de certaines régions de la surface du cerveau déterminait la contraction de certains groupes de muscles. Telle est l'origine des *centres moteurs de l'écorce du cerveau.* Dans la même année, David Ferrier constata l'existence des centres moteurs sur le cerveau du singe.

L'attention des médecins s'était portée d'abord sur le centre moteur du langage articulé dont Broca a fait ses études favorites, et sur lequel je vais revenir dans un instant.

Centre du langage. — En 1825, déjà, Bouillaud, remarquant que les malades atteints d'*aphasie* présentaient à l'autopsie des

lésions des lobes antérieurs du cerveau, plaçait la *faculté du langage* dans les *lobes antérieurs*.

En 1836, le Dr Dax, de Montpellier, fit remarquer que l'aphasie coïncidait presque toujours avec une hémiplégie droite, d'où il se crut autorisé à dire que la *faculté du langage* siège dans le lobe antérieur *gauche*.

Avant 1860, Broca, étudiant les lésions cérébrales chez les aphasiques, précisa davantage et plaça le siège de la *faculté de langage* dans le pied de la 3e *circonvolution frontale gauche*. Chez les droitiers, c'est la 3e frontale droite qui est le siège du langage articulé. Il est admis, depuis les observations de Broca, que l'hémisphère gauche est un peu prédominant, qu'il dirige les actes qui exigent force et adresse ; c'est pourquoi l'homme est droitier. C'est pour la même raison que l'hémisphère préside à l'articulation des mots. Mais, de même que les gauchers dirigent les actes de force et d'adresse avec l'hémisphère droit, de même ils peuvent diriger les mouvements de la parole avec l'hémisphère droit. L'anatomie pathologique est d'accord avec les faits, et on a rencontré plusieurs fois des lésions de la 3e circonscription frontale droite, sur les gauchers qui avaient été aphasiques.

Depuis Broca, on a mieux étudié la faculté du langage qui a été décomposée pour ainsi dire, ainsi qu'il résulte des travaux de Charcot, Magnan, Kussmaul, etc. Voici ce qui est admis aujourd'hui.

Il y a deux sortes de langages, le *langage parlé* et le *langage écrit*, ayant chacun un centre distinct. Le centre de la parole, ou *centre de Broca*, siège dans le pied de la 3e circonvolution frontale gauche ; le centre de l'écriture siège dans le pied de la 2e circonvolution frontale gauche.

Une lésion de la partie postérieure de la 1re *circonvolution temporale gauche* détermine la *surdité verbale*. Le malade ne comprend par le sens des mots, quoiqu'il les entende distinctement. Il parle, il lit et il écrit, mais il a perdu le souvenir des mots parlés, il ne les comprend plus.

Une lésion du *pied de la 2e circonvolution frontale gauche* est suivie d'*agraphie*. Le malade ne sait plus écrire. Il lit, il comprend, mais il ne sait plus diriger ses mouvements pour écrire.

Une lésion de la *circonvolution pariétale inférieure*, s'étendant ou non au pli courbe, produit la *cécité verbale*. Le malade voit, mais il ne peut pas lire, il ne comprend pas les lettres et les mots qu'il a sous les yeux ; il peut parler et écrire, mais il ne peut pas lire ce qu'il a écrit.

Une lésion du *pied de la 3e circonvolution frontale gauche*, circonvolution de Broca, détermine l'aphasie, cest-à-dire l'in

sibilité d'articuler les mots. Le malade ne sait plus parler, mais il peut lire, écrire et comprend ce qu'on lui dit.

On voit donc que la faculté complexe du langage siège dans quatre régions différentes de l'écorce cérébrale. Pour parler, il faut se souvenir des mots (le centre de ce souvenir est dans la 1re circonvolution temporale gauche), et pouvoir les articuler (pied de la 3e circonvolution frontale gauche). Pour correspondre



Fig. 607. — Coupe transversale et verticale du cerveau passant par les corps striés pour montrer les foyers hémorragiques et leur extension.

C, noyau caudé. — E, capsule externe. — I, capsule interne. — T, avant-mur, 1, foyer hémorragique au lieu d'élection, partie antérieure de la capsule interne. — 1', 1'', 1''', extension progressive du foyer primitif. — 2, foyer hémorragique de la capsule interne. — 2', 2'', 2''', extension successive de ce foyer (Raymond).

avec l'écriture, il faut se souvenir de la forme des lettres pour les tracer (pied de la circonvolution pariétale inférieure), et savoir les tracer (pied de la 2e circonvolution frontale gauche). D'après ces données, il est facile de se rendre compte des différents actes de la faculté de langage.

Chaque centre moteur est un mélange de cellules motrices et de cellules sensitives. Les prolongements cylindraxiles des cellules sensitives s'articulent avec les prolongements protoplasmiques des cellules motrices qui émettent leur cylindraxe par leur base vers la substance blanche. D'après Flechsig, il existerait autour de chaque centre, une zone sensitive d'une petite étendue recevant seulement les collatérales des fibres sensitives du centre.

Action croisée des centres sensitivo-moteurs. — Les centres

sensitivo-moteurs exercent sur la sensibilité et le mouvement une action croisée. L'anatomie pathologique et l'expérimentation le démontrent. Toutes les lésions du côté droit affectent la sensibilité et le mouvement du côté gauche et *vice versa*. La *compression* des centres sensitivo-moteurs, par un caillot, une tumeur, ou une esquille, donnent des phénomènes de paralysie du côté opposé. L'*hémorragie cérébrale*, qui détruit des fibres nerveuses, qui en comprime d'autres, donne lieu à la paralysie du côté opposé. Il en est de même du ramollissement. Je rappelle, pour mémoire la *paralysie alterne* dont j'ai déjà parlé, dans laquelle la lésion frappe les fibres générales qui s'entre-croisent plus bas, de manière à donner lieu à une paralysie croisée, et celle d'un nerf qui se trouve lésé avant son point d'entre-croisement. Exemple : lésion d'un côté de la protubérance dans laquelle le facial lésé produit la paralysie faciale du même côté, tandis que les fibres lésées du faisceau pyramidal produisent l'hémiplégie du corps du côté opposé.

Les recueils scientifiques ont enregistré, dans ces dernières années, une quantité considérable de faits analogues à ceux-ci. — 1° Un malade est paralysé du côté droit (hémiplégie) et il est aphasique ; l'autopsie montre une destruction plus ou moins complète de la 3e circonvolution frontale gauche. — 2° Voici un malade, un tuberculeux, par exemple, chez lequel survient une paralysie du bras gauche (monoplégie brachiale) ; on trouve un tubercule qui a détruit, sur l'hémisphère droit, une partie du centre moteur du membre supérieur. — 3° Un homme est atteint d'une fracture à la voûte du crâne, il est monoplégique à droite et aphasique : on applique une couronne de trépan sur la ligne rolandique du côté gauche ; on relève des esquilles et on donne issue au sang qui comprimait le cerveau ; aussitôt le malade recouvre les mouvements, ainsi que la parole.

Volonté, mémoire, idées. — Un animal auquel on enlève les hémisphères cérébraux n'a aucune mémoire, il est sans volonté. Il respire, le cœur fonctionne, il vit, parce que les organes indispensables à la vie reçoivent leur innervation du bulbe et de la moelle ; il se plaint si on l'excite énergiquement, mais ce sont des cris sans expression, des cris mécaniques, analogues aux cris des jouets des enfants. Ces cris ont leur point de départ dans la substance grise de la protubérance, mais l'animal se tient immobile, il ne sait ni se mouvoir, ni manger, ni regarder, parce qu'il est privé de ses circonvolutions. Si on met un aliment dans sa bouche, il le déglutit machinalement ; si on le pousse, il fait quelque pas ; si on promène une lumière devant ses yeux, il en

suit les mouvements, mais il n'a pas l'idée de manger, de marcher, de regarder.

Ce que j'ai dit des centres du langage prouve que la mémoire siège dans les cellules nerveuses des circonvolutions. Quant à expliquer par quel phénomène les cellules nerveuses emmagasinent les impressions, en un mot le mécanisme de la mémoire, on n'y est pas encore parvenu. L'existence des centres sensitivo-moteurs prouve que la volonté réside dans la substance grise du cerveau.

Insensibilité du cerveau. — La masse cérébrale est insensible ; on peut exciter, déchirer, brûler la substance grise et la substance blanche sur un animal, il ne manifeste aucune douleur.

Perception des sensations. — Il y a des sensations conscientes et inconscientes.

Les *perceptions inconscientes* se font à l'obscurité pour ainsi dire, à notre insu ; c'est ainsi que se produisent les sensations viscérales perçues par la moelle et qui donnent lieu à une foule de contractions réflexes : action des aliments sur l'estomac et l'intestin, action de l'acide carbonique sur le centre respiratoire pour les mouvements de la respiration. Les mouvements des muscles des vaisseaux de la circulation sont de même ordre.

Les *perceptions conscientes* nous arrivent par les nerfs de sensibilité générale et ceux de sensibilité spéciale. Les nerfs de *sensibilité générale* sont les neurones sensitifs périphériques qui arrivent à la moelle, et les neurones sensitifs centraux qui aboutissent en définitive à la zone sensitivo-motrice, ou rolandique, où a lieu la perception.

Les nerfs de *sensibilité spéciale*, les *nerfs sensoriels*, constitués par les neurones olfactifs, optiques, auditifs et gustatifs, se rendent en des points déterminés de l'écorce cérébrale, où sont perçues les sensations olfactives, optiques, auditives et gustatives.

Le nerf olfactif aboutit au *centre olfactif*, à la partie antérieure de la *circonvolution de l'hippocampe*.

Le *centre optique*, qui reçoit les neurones du nerf optique, siège sur les bords de la *scissure calcarine*.

Le *centre auditif* est situé à la partie moyenne de la 1re *circonvolution temporale*.

Le *centre gustatif* siège dans la partie moyenne de la *circonvolution de l'hippocampe*, en arrière du centre olfactif.

Ces *centres*, qu'on appelle encore *sphères*, seront complétés avec les nerfs sensoriels.

Sommeil. — Le sommeil est l'état de repos du cerveau. Tout organe qui a fonctionné a besoin de repos. La nutrition d'un élé-

ment actif est plus régulière, plus physiologique, pendant le repos de cet élément. L'élément ne saurait en même temps se nourrir et user sa propre substance, car le travail use.

Pendant le sommeil, les mouvements volontaires sont abolis, les facultés intellectuelles ne s'exercent pas, l'homme est dans le même état que l'animal à qui on a enlevé les hémisphères cérébraux. La vie organique persiste pendant le sommeil, mais la vie de relation est suspendue.

Dans *quel état* se trouvent les éléments nerveux pendant le sommeil? On ne le sait pas. Les médecins ont cru autrefois que le sommeil était dû à la compression du tissu du cerveau par les vaisseaux sanguins gonflés de sang, mais il est démontré que le cerveau pendant le sommeil est dans un état relatif d'anémie ; les vaisseaux se vident et ils se congestionnent pendant la veille (Durham, Cl. Bernard).

Nous savons que le travail assidu congestionne le cerveau, témoins les saignements de nez qui se montrent chez les hommes qui se livrent à des études exagérées.

Sommeil histologique. — Mathias Duval vient de proposer une théorie fort séduisante du sommeil. On la trouvera longuement et savamment décrite dans la thèse du Dr Ch. Pupin (1).

Il est admis que les neurones s'articulent entre eux par leurs prolongements ; les prolongements protoplasmiques de l'un, divisés à l'infini, s'articulent, arrivent au contact des divisions terminales de l'autre, d'où résulte une chaîne dont les anneaux contigus laissent passer le courant nerveux. Supposons, dit Mathias Duval, que ces prolongements soient doués d'une sorte de contractilité analogue à celle des cils vibratiles, à celle des prolongements amiboïdes des leucocytes; qu'arrivera-t-il? Selon que les prolongements s'allongeront ou se raccourciront, il y aura contact plus parfait ou désarticulation, entre les prolongegements des neurones, d'où suractivité dans le premier cas et relâchement de la fonction dans l'autre. Pourquoi le thé, le café, l'alcool donnent-ils de l'activité aux centres nerveux? Ne seralce pas en donnant une certaine impulsion aux contractions du protoplasma des prolongements? ou en rendant plus énergique le contact de ces prolongements? C'est ce que pense Mathias Duval. Il suppose que le sommeil est dû à une sorte de rétraction des prolongements des cellules, a une véritable désarticulation des neurones qui, au réveil, reprennent leur agilité et s'articulent de nouveau. Ce serait une véritable *valse des cellules nerveuses*.

(1) *Le neurone et les hypothèses histologiques sur son mode de fonctionnement. Théorie histologique du sommeil*. Thèse de Paris, 1896.

L'*inflammation aiguë* de l'écorce grise du cerveau (encéphalite aiguë) apporte des troubles considérables dans le fonctionnement des cellules nerveuses : il y a délire, c'est-à-dire divagation des idées, perversion de la mémoire, de la volonté et de toutes les facultés. Si la *méningite*, inflammation des méninges, se joint à l'encéphalite, des convulsions s'ajoutent au délire.

La *paralysie générale* affecte principalement l'écorce grise ; c'est une *méningo-encéphalite diffuse*, à marche lente, incurable, qui se manifeste par des troubles moteurs, légers d'abord, s'accentuant ensuite, par du délire survenant lentement, des idées de grandeur, etc.

Récentes découvertes. — Depuis qu'on connaît la structure interne des éléments nerveux, on découvre des lésions qu'on ne soupçonnait pas autrefois dans certaines maladies.

Chorée chronique héréditaire. — Par la méthode de Nssl, diminution des cellules pyramidales des zones motrices dans les deuxième et troisième couches ; cellules rondes probablement névrogliques autour des cellules nerveuses (Rispal, de Toulouse, même Congrès).

Eclampsie. — Sur le cerveau d'une femme ayant succombé après trente attaques, on a constaté l'*altération des cellules pyramidales* traitées par la méthode de Nissl : disparition des grains chromatiques, par épuisement probable de la cellule ; déformation de ces cellules ; présence de cellules, rondes, anormales qui entourent des cellules pyramidales comme chez les sujets morts en état de mal épileptique. Selon Lugaro et Cajal, ces éléments seraient des cellules névrogliques (Anglado et Doux, 10e congrès des médecins aliénistes, à Marseille, 1899).

Topographie crânio-cérébrale.

Après avoir décrit, pour ainsi dire, la géographie du cerveau, je dois dire quelques mots de la *topographie crânio-cérébrale*, c'est-à-dire des rapports que les diverses régions des circonvolutions affectent avec les parois osseuses du crâne. Il est aujourd'hui indispensable de connaître ces rapports, attendu qu'il existe, sur les faces externe et interne des hémisphères, des régions importantes, les *centres sensitivo-moteurs.*

Parlons d'abord du rapport de la scissure de Rolando autour de laquelle sont groupés les principaux de ces centres.

Gratiolet a, le premier, indiqué les rapports de la scissure de Rolando avec les parois du crâne. Il est probable que ce savant a appliqué à l'homme les observations qu'il avait faites sur les ani-

maux, car il nous avait transmis une notion erronée en disant que la scissure de Rolando correspondait à la suture fronto-pariétale. Il appartenait au véritable fondateur de l'anthropologie, à Broca, de rectifier cette erreur.

Il importe aujourd'hui de bien déterminer la *ligne rolandique* (on donne ce nom à la ligne tracée à l'extérieur du crâne le long de la scissure de Rolando), la chirurgie se trouvant quelquefois dans la nécessité d'appliquer une couronne de trépan sur le trajet de la ligne rolandique, ainsi que nous le verrons (fig. 607 bis).

Pour déterminer la *position de l'extrémité supérieure de la scissure de Rolando*, prenez une lame de carton, et faites-y une échancrure suffisante pour y loger la tête. Le sujet étant debout et dirigeant le regard horizontalement en avant, placez le carton sur la tête, verticalement, de manière à le faire passer sur le conduit auditif externe (A B). Ce plan vertical est appelé *plan auriculo-bregmatique* (fig. 608). L'extrémité supérieure de l'échancrure du carton correspond alors au bregma (B). Le bregma est le point de réunion de la scissure fronto-pariétale et de la suture sagittale, autrement dit, le point qui correspond à la *fontanelle antérieure* du fœtus.

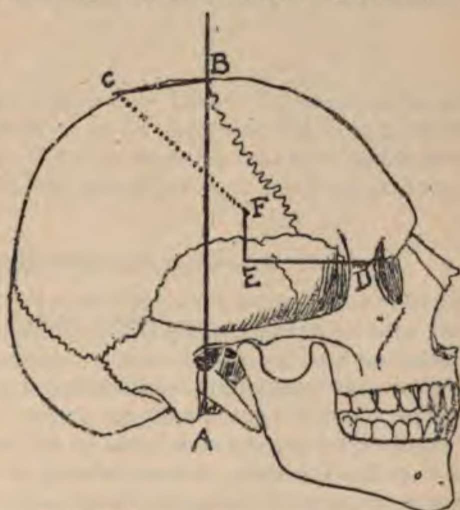


Fig. 607 *bis*. — Détermination de la ligne Rolantique.

En arrière du bregma, prenez une longueur de cinq centimètres environ (C), (longueur qui peut varier de quelques millimètres selon les sujets), ce point correspondra à l'extrémité supérieure de la scissure de Rolando.

Pour déterminer la *position de l'extrémité inférieure de la scissure de Rolando*, cherchez l'apophyse orbitaire externe au-dessous de la queue du sourcil (D); tirez une ligne horizontale se portant en arrière, dans une étendue de 7 centimètres (D E). A 7 centimètres en arrière de l'apophyse orbitaire externe, sur la ligne horizontale, élevez une ligne verticale de 3 centimètres

(E F), vous aurez ainsi le point des parois craniennes, qui correspond à l'extrémité inférieure de la scissure de Rolando.

Par conséquent, la *ligne rolandique* s'étend d'un point des parois du crâne, situé à 5 centimètres en arrière du bregma, à un point inférieur situé à 7 centimètres en arrière et à 3 centimètres au-dessus de l'apophyse orbitaire externe, point situé à 9 centimètres en arrière et 3 centimètres au-dessus de la commissure externe des paupières (E).

CHAPITRE V

ENVELOPPES DES CENTRES NERVEUX OU MÉNINGES

Les méninges sont au nombre de trois : l'interne est la *pie-mère*, l'externe la *dure-mère*, et la moyenne l'*arachnoïde*. Ces membranes sont continues du sommet du crâne au canal sacré.

J'étudierai séparément les méninges dans le crâne et dans le canal rachidien.

Développement des méninges.

Dès que le mésoderme se manifeste entre l'ectoderme et l'endoderme, les cellules mésenchymateuses entourent le tube neural. Elles donnent naissance au tissu muqueux dont les cellules secrètent une substance intercellulaire abondante. Puis ce tissu, devenu tissu conjonctif, forme un tube autour de l'axe cérébro-spinal. La couche externe de ce tube se condense pour former la dure-mère, tandis que la couche interne reste à l'état de tissu conjonctif lâche, dans lequel se développent de nombreux vaisseaux. Cette couche interne forme la pie-mère. La pie-mère et la dure-mère se séparent et il se forme entre elles une cavité, dont les parois seront constituées par les cellules du tissu conjonctif voisin qui se transforment en cellules endothéliales, en s'aplatissant et se juxtaposant par leurs bords.

§ 1. — MÉNINGES CRANIENNES

I. — *Dure-mère cranienne.*

Préparation — Détachez les téguments du crâne, faites tomber sur le crâne deux traits de scie se réunissant à leurs extrémités : l'un vertical, étendu de la bosse frontale moyenne à la protubérance occipitale, et passant à 2 centimètres en dehors de la ligne médiane ; l'autre horizontal, réunissant les extrémités du premier.

Enlevez le segment osseux compris entre les deux traits de scie; enlevez une portion triangulaire correspondante de dure-mère, et retirez toute la

pulpe cérébrale avec précaution. Lorsque la pulpe et retirée, on aperçoit la dure-mère avec ses cloisons.

Définition. — La dure-mère cranienne est une membrane fibreuse tapissant l'intérieur du crâne et fournissant des feuillets fibreux qui séparent diverses portions de l'encéphale.

Elle offre à considérer : 1° une surface externe ; 2° une surface interne ; 3° sa structure.

1° Surface externe. — Elle adhère aux os. Quand on l'arrache de la cavité cranienne, elle présente des filaments qui lui donnent un aspect tomenteux. Elle est recouverte par les ramifications de l'artère méningée moyenne, très adhérentes à la dure-mère et dirigées de bas en haut et d'avant en arrière.

Son *adhérence* est plus considérable chez les vieillards, parce que beaucoup de petits vaisseaux sont transformés en cordons fibreux. Son adhérence est intime : 1° au niveau des sutures ; 2° au niveau de toutes les parties saillantes (apophyses clinoïdes, lame quadrilatère du sphénoïde, bord supérieur du rocher, bord postérieur des apophyses d'Ingrassias, apophyse crista-galli, etc.) ; 3° au niveau des trous dans lesquels elle se prolonge.

Sur les *parties latérales du crâne*, elle n'adhère pas aux sutures, elle est lâchement unie aux os, de sorte qu'elle se laisse décoller par les épanchements sanguins, *hématomes.*

Les *prolongements* de la dure-mère au niveau des trous de la base du crâne, se portent à la surface extérieure du crâne, pour se confondre avec le périoste externe.

Au niveau du *trou occipital*, la dure-mère cranienne se continue avec la dure-mère rachidienne.

Au niveau des *trous de la lame criblée*, elle forme des tubes dans lesquels vient se ramifier le nerf olfactif.

Au niveau du *trou optique* et de la *fente sphénoïdale*, le prolongement de la dure-mère s'épanouit dans la cavité orbitaire pour en former le périoste. Ce prolongement forme aussi une gaine fibreuse au nerf optique. On observe une continuité évidente entre la dure-mère, d'une part, le périoste orbitaire et la gaine fibreuse du nerf optique, de l'autre.

Au niveau du trou déchiré antérieur, la dure-mère, épaissie et presque fibro-cartilagineuse, ferme complètement le trou.

2° Surface interne. — Cette surface est lisse, polie et tapissée par le feuillet pariétal de l'arachnoïde, de sorte qu'en regardant la surface interne de la dure-mère, c'est le feuillet pariétal, transparent, de l'arachnoïde qu'on aperçoit. Ce feuillet n'est pas séparable.

On trouve à la surface interne de la dure-mère quatre prolongements fibreux : *faux du cerveau*, *tente du cervelet*, *faux du cervelet*, *diaphragme de l'apophyse*. Ces cloisons sont destinées à séparer les diverses parties de l'encéphale et à empêcher leur compression réciproque.

Faux du cerveau. — C'est une cloison verticale située entre les deux hémisphères cérébraux et présentant (fig. 608) :



Fig. 608. — Sinus de la dure-mère. Faux du cerveau.

1, faux du cerveau. — 2, sinus droit. — 3, longitudinal supérieur. — 4, latéral gauche. — 5, sinus occipital postérieur. — 6, pressoir d'Hérophile. — 7, veine de Galien. — 8, petite veine de la cloison des fosses nasales, origine du sinus longitudinal supérieur. — 9, veine nasale postérieure. — 10, veine nasale antérieure se rendant à la voûte palatine.

1° Un *sommet* inséré à l'apophyse crista-galli, à la crête frontale et au trou borgne, dans lequel il envoie un prolongement fibreux ;
2° Une *base* s'insérant sur la ligne médiane de la face supérieure de la tente du cervelet, et parcourue par le sinus droit ;
3° Un *bord supérieur* convexe, inséré sur la ligne médiane de la voûte cranienne, et renfermant le *sinus longitudinal supérieur ;* (voy. *Sinus de la dure-mère*, t. II) ;
4° Un *bord inférieur* concave et libre, placé au-dessus du corps calleux, et contenant le sinus longitudinal inférieur ;
5° Deux *faces* en rapport avec les hémisphères cérébraux.

— On trouve donc dans la faux du cerveau trois *sinus :* le *sinus longitudinal supérieur*, situé dans le bord convexe ; le *sinus lon-*

gitudinal inférieur, dans le bord concave, et le *sinus droit*, qui réunit les deux autres au point de réunion de la faux du cerveau et de la tente du cervelet.

La faux du cerveau a pour usage d'empêcher la compression des hémisphères dans le décubitus latéral.

Tente du cervelet. — Cloison de la dure-mère située entre le cerveau et le cervelet qu'elle sépare. Elle offre :

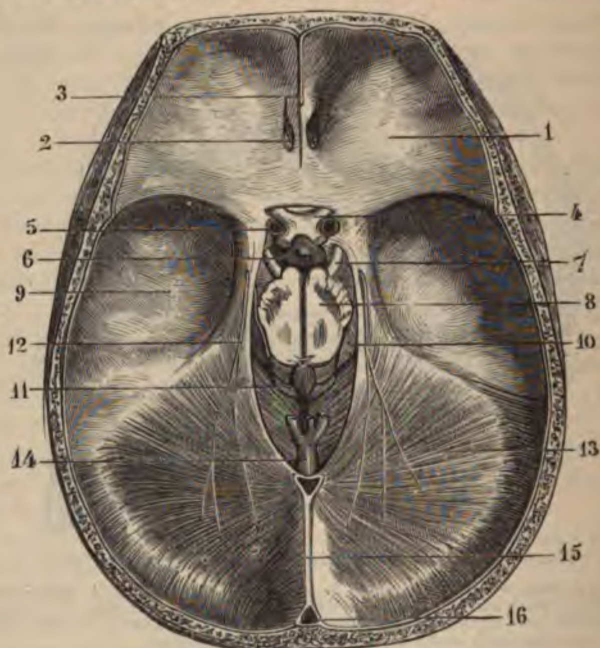


Fig. 609. — Tente du cervelet.

1, bosse orbitaire. — 2, gouttière ethmoïdale. — 3, trou borgne. — 4, chiasma des nerfs optiques. — 5, coupe de l'artère carotide interne. — 6, diaphragme de l'hypophyse. — 7, nerf moteur oculaire commun. — 8, coupe des pédoncules cérébraux. — 9, fosse sphéno-temporale de la base du crâne. — 10, foramen ovale. — 11, glande pinéale. — 12, nerf récurrent de la tente du cervelet. — 13, tente du cervelet. — 14, veine de Galien. — 15, insertion de la faux du cerveau sur la tente du cervelet. — 16, coupe du sinus longitudinal supérieur.

1° Une *face supérieure* inclinée de chaque côté de la ligne médiane en forme de dos d'âne. Elle est en rapport avec les lobes postérieurs du cerveau, qu'elle supporte dans la station verticale, et donne insertion, sur la ligne médiane, à la base de la faux du cerveau ;

2° Une *face inférieure* concave, en rapport avec le cervelet ;

3° Une *petite circonférence* ou *antérieure*, qui forme avec la gout-

tière basilaire un trou (*foramen ovale* de Pacchioni). Cette petite circonférence, qui s'insère par ses extrémités aux apophyses clinoïdes antérieures, est située en arrière de la fente cérébrale de Bichat. Les parties des centres nerveux qui correspondent au trou ovale sont les pédoncules cérébraux et les tubercules quadrijumeaux (fig. 609) ;

4° Une *grande circonférence*, qui s'insère sur les gouttières latérales de l'occipital en arrière, et sur le bord supérieur du rocher en avant. Elle s'insère par ses deux extrémités à l'apophyse clinoïde postérieure, et, pour y arriver, ses extrémités passent au-dessous de celles de la circonférence antérieure.

On trouve les *sinus latéraux* et les *sinus pétreux supérieurs* dans l'épaisseur de la grande circonférence. On y trouve aussi, au point de réunion de la tente du cervelet et de la faux du cerveau, le *sinus droit*. Enfin, au niveau du point où les deux circonférences s'entre-croisent pour se porter aux apophyses clinoïdes, on voit les *sinus caverneux*, de chaque côté du corps du sphénoïde.

La tente du cervelet sert à supporter le poids des lobes postérieurs du cerveau, dans la station verticale.

Cavité de Meckel. — La cavité de Meckel est une cavité située dans un dédoublement de la dure-mère, entre le sommet du rocher et la lame quadrilatère, et logeant le *ganglion de Gasser*. La cavité de Meckel est exactement située au point d'insertion des extrémités des deux circonférences de la tente du cervelet ; on voit le nerf trijumeau s'engager dans une fente transversale qui conduit dans la fosse.

Tente du bulbe olfactif. — Décrite par Trolard, la tente du bulbe olfactif est un repli de la dure-mère formant, avec la lame criblée, une petite loge dans laquelle est située l'extrémité antérieure du bulbe olfactif.

Faux du cervelet. — Petite cloison verticale séparant les deux hémisphères du cervelet. Sa *base* s'insère en haut sur la tente du cervelet ; son *sommet* se perd en bas sur les côtés du trou occipital ; son *bord antérieur* est situé entre les deux lobes du cervelet, et son *bord postérieur*, adhérent, s'insère à la crête occipitale interne ; ses *faces latérales* sont en rapport avec les lobes du cervelet.

On voit les deux *sinus occipitaux postérieurs* dans l'épaisseur du bord postérieur de la faux du cervelet. On trouve, à sa base, le *pressoir d'Hérophile* (fig. 608), situé au niveau de la protubérance occipitale interne, au point où communiquent les sinus longitudinal supérieur, droit, latéraux et occipitaux postérieurs (voy. *Sinus de la dure-mère*).

Diaphragme de l'hypophyse. — Cloison de la dure-mère, horizontale, au-dessus de la selle turcique et percée, au centre, d'un trou qui rappelle la pupille au milieu de l'iris. Ce trou laisse passer la tige du corps pituitaire.



Fig. 610. — Diaphragme de l'hypophyse vu par sa face supérieure.

1, face supérieure du diaphragme de l'hypophyse. — 2, orifice central laissant passer la tige du corps pituitaire. — 3, sinus circulaire ou coronaire, communiquant sur les côtés avec les sinus caverneux 4, 4. — 5, chiasma des nerfs optiques.

La *circonférence* du diaphragme est entourée par le sinus coronaire, et se confond avec la dure-mère de la base du crâne ; sa *face supérieure* est en rapport avec l'arachnoïde, et sa *face inférieure* avec le corps pituitaire, qui est fixé dans la selle turcique par cette cloison fibreuse (fig. 610).



Fig. 611. — Coupe antéro-postérieure du diaphragme de l'hypophyse.

1, lame quadrilatère du sphénoïde. — 2, fond de la selle turcique. — 3, dure-mère. — 4, diaphragme de l'hypophyse. — 5, corps pituitaire. — 6, chiasma des nerfs optiques.

La dure-mère se dédouble au niveau de la selle turcique ; le feuillet profond tapisse le fond de la fosse pituitaire, pour former le diaphragme de l'hypophyse (fig. 611).

3° **Structure.** — La dure-mère est une membrane fibreuse, formée de faisceaux de tissu conjonctif entremêlés de réseaux de fibres élastiques fines.

Des anatomistes ont assuré que la dure-mère était composée de plusieurs feuillets ; on en a admis jusqu'à cinq. Pendant longtemps, on a décrit à la dure-mère deux feuillets, ou lames, entre lesquels seraient situés les sinus veineux. Quelques auteurs allemands décrivent encore ces deux lames.

La plupart des anatomistes sont unanimes pour reconnaître que la dure-mère est indivisible en deux membranes. Le même tissu fibreux et élastique existe dans toute son épaisseur ; seulement, vers sa surface externe, en contact avec la surface interne du crâne, dépourvue de périoste, on trouve de nombreux vaisseaux et des filets nerveux. Les vaisseaux émanent des vaisseaux méningés, destinés particulièrement aux os. La couche externe de la dure-mère représente le périoste de la cavité cranienne, chez les jeunes sujets principalement. Cette opinion est justifiée par la propriété que possède la dure-mère *de former de la substance osseuse par sa surface externe seulement* (voy., t. I, *Périoste*).

Entre les faisceaux de fibres on trouve des cellules fixes du tissu conjonctif. Jacques (1895) a fait remarquer l'analogie de ces cel-

lules avec les *cellules géantes* de la moelle des os, et il suppose qu'elles jouent un rôle dans l'évolution de la substance osseuse.

Espaces épiduraux. — Dans les points ou la dure-mère n'est pas adhérente aux os on trouve des espaces clos tapissés d'endothéliums. Ce sont les *espaces épiduraux*.

Les *artères* durales sont les *artères méningées*. — Les *méningées antérieures* sont fournies par les ethmoïdales antérieures et postérieures, et se distribuent à la portion de la dure-mère qui recouvre l'étage antérieur de la base du crâne. — La *méningée moyenne* vient de la maxillaire interne, et se rend, à travers le trou petit rond, à la surface externe de la dure-mère, et surtout aux os du crâne. — La *méningée postérieure*, branche de la pharyngienne inférieure, pénètre par le trou déchiré postérieur et se rend à la dure-mère qui tapisse la partie postérieure de la cavité cranienne.



Fig. 612. — Surface externe de la dure-mère cranienne.

1, traces des adhérences à la suture frontopariétale. — 2, adhérence de la suture sagittale. — 3, sinus longitudinal supérieur. — 4, adhérence à la suture lambdoïde. — 5, artère méningée moyenne. — 6, corpuscules de Pacchioni. — 7, artère méningée postérieure.

On trouve, en outre : 1° une branche passant à travers le trou déchiré antérieur, venue de la pharyngienne inférieure ; 2° l'artère *petite méningée*, branche de la maxillaire interne, passant par le trou ovale ; 3° une branche de la pharyngienne inférieure, passant par le trou condylien antérieur ; 4° l'artère mastoïdienne, fournie par l'auriculaire postérieure, ou l'occipitale, et passant par le trou mastoïdien ; 5° une branche terminale de l'occipitale pénétrant, à la voûte du crâne, par le trou pariétal ; 6° de petits rameaux artériels fournis par la carotide interne dans le sinus caverneux ; 7° enfin, quelques artérioles fournies par la cérébrale moyenne aux parties latérales de la dure-mère.

Les *veines* offrent ordinairement un trajet irrégulier ; cependant l'artère méningée moyenne est accompagnée par deux *veines méningées moyennes* qui suivent le trajet de l'artère, sont contenûes dans les gouttières osseuses de la surface interne du pariétal, où elles reçoivent des veines osseuses, communiquent en haut avec le sinus longitudinal supérieur, et passent par le trou petit rond pour se jeter dans le plexus veineux ptérygoïdien. Ces veines n'ont pas de valvules.

Les *lymphatiques* sont mal connus. On ne peut pas considérer comme vaisseaux lymphatiques des espaces situés entre les faisceaux conjonctifs de la dure-mère, présentant par place un revêtement endothélial incomplet et communiquant, d'une part, avec les espaces épiduraux, de l'autre, avec la cavité arachnoïdienne.

Les *nerfs* de la dure-mère sont divisés en *antérieurs*, *moyens* et *postérieurs*. Les premiers viennent du nerf nasal interne (Froment). Ceux de la partie moyenne viennent du ganglion de Gasser, et montent vers la dure-mère de la voûte en suivant la région temporale (Cruveilhier). Enfin, les nerfs postérieurs vont à la tente du cervelet (Bonamy) ; ils viennent de l'ophtalmique, et le filet qui les constitue est connu sous le nom de *nerf récurrent d'Arnold*. Tous ces nerfs sont fournis par le trijumeau.

Indépendamment des nerfs fournis par le trijumeau, on trouve des ramifications nerveuses appartenant au grand sympathique et accompagnant l'artère méningée moyenne.

Usages. — Périoste interne du crâne, réservoir veineux de l'encéphale, la dure-mère est un organe de protection et de soutien pour l'encéphale et les nerfs.

II. — *Pie-mère cranienne* (1).

Préparation. — La pie-mère se trouve préparée lorsqu'on a extrait l'encéphale de la cavité cranienne ; elle est cependant recouverte par le feuillet viscéral de l'arachnoïde ; mais celui-ci est si transparent qu'on aperçoit la pie-mère comme s'il n'existait pas.

La pie-mère, *membrane piale*, *membrane nourricière* des centres nerveux, est une couche cellulo-vasculaire qui recouvre immédiatement toute la surface de l'encéphale. La face externe est en rapport avec le feuillet viscéral de l'arachnoïde et le liquide céphalo-rachidien ; par sa face interne, elle adhère légèrement à la substance cérébrale au moyen de prolongements vasculaires et de filaments de tissu conjonctif.

Le caractère principal de la pie-mère est de *s'enfoncer dans les anfractuosités, les trous et les dépressions de la surface du cerveau, et de ne jamais passer comme un pont, à la manière de l'arachnoïde, sur une cavité ou un enfoncement quelconque*.

Comme il existe dans le cerveau des cavités qui s'ouvrent à sa surface extérieure et que la pie-mère y pénètre par des ouvertures,

(1) Je décris la pie-mère avant de parler de l'arachnoïde, parce que j'ai depuis longtemps reconnu qu'en suivant cet ordre l'étude des méninges, de l'arachnoïde principalement, est bien plus facile. Je suis le premier auteur ayant adopté cette marche ; depuis, la plupart des auteurs m'ont imité.

on a divisé la pie-mère en *pie-mère externe* et *pie-mère interne*. (Pour la *pie-mère interne*, voy. *Cerveau*, où elle a été déjà décrite).

C'est dans les mailles de la pie-mère et à sa surface externe qu'on trouve le liquide céphalo-rachidien, au-dessous du feuillet viscéral de l'arachnoïde.

1° *Au niveau du cerveau*, cette membrane tapisse les trois faces des deux hémisphères, s'enfonce dans les anfractuosités et recouvre toutes les circonvolutions.

2° *Sur le cervelet*, la pie-mère tapisse les deux faces du cervelet, mais elle diffère de celle qui recouvre le cerveau en ce qu'elle envoie entre les lamelles du cervelet une simple cloison, tandis que les prolongements de la pie-mère, dans les anfractuosités du cerveau, forment un repli dont les deux feuillets sont adossés ;

3° *Au niveau de la protubérance et du bulbe*, la pie-mère adhère très intimement à ces parties et s'épaissit au point de simuler une aponévrose.

4° *A la base de l'encéphale*, la pie-mère se prolonge sur tous les nerfs craniens, pour former leur névrilème, et là elle prend également les caractères du tissu fibreux.

Autrement dit, la pie-mère est lâche, celluleuse et très vasculaire sur les parties des centres nerveux dont la surface est formée par la substance grise (cerveau, cervelet) ; elle est, au contraire, résistante, fibreuse et peu vasculaire, sur les parties dont la surface offre de la substance blanche (base de l'encéphale, moelle, nerfs).

Structure. — Cette membrane renferme deux éléments : 1° des vaisseaux ; 2° du tissu conjonctif.

Les *vaisseaux* sont très nombreux, car la pie-mère n'est en réalité qu'un lacis vasculaire, dans lequel il y a six fois plus de veines que d'artères. Presque tous ces vaisseaux se rendent dans la substance nerveuse ; on trouve aussi des réseaux capillaires serrés dans l'épaisseur même de la pie-mère. On ne connaît ni les *lymphatiques* ni les *nerfs* de la pie-mère cranienne, à moins qu'on ne considère comme appartenant à cette membrane les nerfs sympathiques, vaso-moteurs, qui accompagnent les artères cérébrales et cérébelleuses.

Le *tissu conjonctif* sert à réunir les vaisseaux ; il est lâche. La proportion entre ces deux éléments varie selon les régions : sur le cerveau et le cervelet, l'élément vasculaire prédomine ; sur la protubérance, le bulbe et les nerfs, c'est l'élément conjo prend même, je le répète, tous les caractères du tissu fi

Sur le cerveau et le cervelet, précisément dans les

l'élément vasculaire prédomine, le tissu conjonctif est formé de larges mailles infiltrées de liquide céphalo-rachidien.

III. — *Arachnoïde cranienne* (1).

C'est une membrane séreuse extrêmement mince, si mince, qu'au premier abord les élèves qui l'étudient pour la première fois ne l'aperçoivent pas. Elle est transparente à l'état normal, et cette transparence permet d'étudier la pie-mère sans enlever l'arachnoïde. Elle présente, comme toutes les séreuses : 1° un feuillet pariétal ; 2° un feuillet viscéral ; 3° une cavité intermédiaire aux deux feuillets.

1° Feuillet pariétal. — Découvert par Bichat, il peut être considéré comme un vernis déposé à la surface de la dure-mère, dont il n'est pas séparable. Ce n'est qu'en râclant la

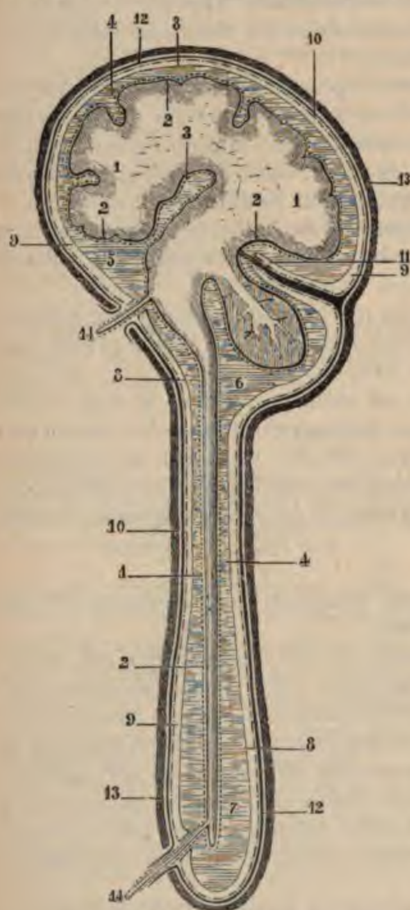


Fig. 613. — Coupe schématique antéro-postérieure des centres nerveux et des méninges.

1, 1, 1, surface des centres nerveux, encéphale et moelle. — 2, 2, 2, 2, Pie-mère recouvrant les centres nerveux dans toute leur étendue. — 3, pie-mère interne pénétrant dans les ventricules. — 4, 4, liquide céphalo-rachidien en dehors de la pie-mère. — 5, confluent antérieur du liquide céphalo-rachidien. — 6, confluent postérieur. — 7, poche considérable remplie de liquide céphalo-rachidien et occupant la partie inférieure du canal rachidien (c'est dans cette poche que les chirurgiens font les injections de cocaïne pour anesthésier les membres inférieurs). — 8, 8, 8, feuillet viscéral de l'arachnoïde recouvrant le liquide céphalo-rachidien. — 9, 9, 9, cavité arachnoïdienne dont les deux feuillets ont été écartés. — 10, 10, feuillet pariétal de l'arachnoïde. — 11, gaine fournie à la veine de Galien par la réflexion du feuillet viscéral sur le feuillet pariétal. — 12, 12, dure-mère. — 13, 13, parois osseuses. — 14, 14, deux nerfs revêtus de leur névrilème en continuité avec la pie-mère et pourvus d'une gaine arachnoïdienne.

(1) De *arachné* ἀράχνη, toile d'araignée, et *eidos* εἶδος, ressemblance. Son nom lui a été donné en 1664 par la *Société anatomique* d'Amsterdam.

dure-mère que l'on trouve, si l'on examine le produit du grattage au microscope, de l'épithélium pavimenteux (endothélium).

2° Feuillet viscéral. — Découvert par Fallope, il entoure l'encéphale, et son caractère principal est le suivant : *au lieu de s'enfoncer dans les trous, dépressions et anfractuosités, à la manière*

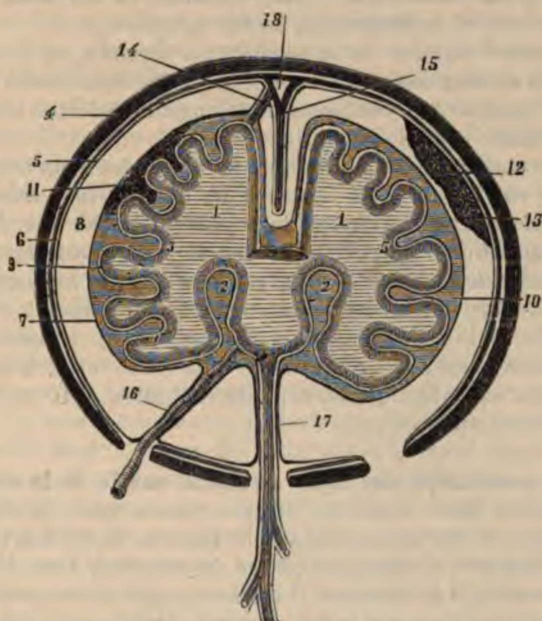


Fig. 614. — Coupe verticale et transversale des méninges (figure schématique).

1. 1, substance blanche des hémisphères cérébraux. — 2, 2, ventricules latéraux communiquant avec l'espace sous-arachnoïdien. — 3, pie-mère recouvrant exactement toute la surface du cerveau. — 4, parois craniennes. — 5, dure-mère. — 6, feuillet pariétal de l'arachnoïde. — 7, feuillet viscéral. — 8, cavité arachnoïdienne dont les deux feuillets ont été écartés à dessein. — 10, liquide céphalo-rachidien dans l'espace sous-arachnoïdien. — 11, caillot sanguin entre la pie-mère et l'arachnoïde (hémorragie méningée sous-arachnoïdienne). — 12, caillot sanguin entre les deux feuillets de l'arachnoïde (hémorragie intra-arachnoïdienne). — 13, surface libre du caillot. — 14, gaine séreuse de l'arachnoïde autour d'une veine. — 15, faux du cerveau. — 16, gaine séreuse autour d'une artère. — 17, gaine séreuse autour d'un nerf. — 18, sinus longitudinal supérieur.

de la pie-mère, il passe comme un pont à la surface de tous ces enfoncements.

Le feuillet viscéral de l'arachnoïde sépare la cavité arachnoïdienne de la pie-mère et du liquide céphalo-rachidien.

A la face supérieure du cerveau, l'arachnoïde s'enfonce dans la scissure inter-hémisphérique, au-dessous de la faux du cerveau, qui l'empêche de passer directement d'un hémisphère sur l'autre.

A la face inférieure, elle passe d'un hémisphère à l'autre, en

arrière de l'apophyse crista-galli et forme ce que j'ai décrit avec la surface extérieure du cerveau, sous les nom de *pont séreux arachnoïdien*. Au niveau de la scissure de Sylvius, elle passe aussi d'une lèvre à l'autre de cette scissure, qu'elle voile, et qu'on ne peut étudier qu'après avoir incisé l'arachnoïde.

L'arachnoïde transforme cette scissure en un canal profond, *confluent latéral* de Magendie, au *lac sylvien*.

Dans toute l'étendue de la surface du cerveau, on la voit aussi passer à la surface des anfractuosités, qu'elle transforme en autant de petits *canaux prismatiques* et triangulaires, dans lesquels est situé le liquide céphalo-rachidien.

Au niveau du cervelet, l'arachnoïde tapisse les deux hémisphères et se jette sur le bulbe. Là, entre le bulbe et la face inférieure du cervelet, se trouve une cavité, le *confluent postérieur* du liquide céphalo-rachidien ou *espace sous-arachnoïdien postérieur*.

Au niveau de la protubérance et du bulbe, elle se continue d'un point à l'autre; mais, dans l'espace correspondant à l'hexagone artériel de Willis, il existe une dépression sur laquelle on voit l'arachnoïde passer à la manière d'un voile et former le *confluent inférieur* du liquide céphalo-rachidien, ou *espace sous-arachnoïdien antérieur*.

3° Communication des deux feuillets, cavité de la séreuse. — Tout organe, tout filament, artère, veine, nerf, prolongement fibreux, qui du cerveau ou de la pie-mère se porte à la dure-mère ou à l'extérieur du crâne, est obligé de traverser l'arachnoïde (1). Au moment où il la traverse, il est enveloppé d'une gaine de cette séreuse. Celle-ci ne se comporte pas différemment des autres séreuses, la plèvre par exemple, qui, après avoir tapissé le poumon, va se continuer avec le feuillet pariétal, en formant une gaine séreuse aux organes qui constituent la racine du poumon.

Tous les nerfs qui sortent du crâne, toutes les artères qui vont à l'encéphale, toutes les veines qui vont à l'extérieur du crâne ou bien aux sinus de la dure-mère, tous ces organes sont entourés par des gaines arachnoïdiennes.

Ces gaines se confondent par l'extrémité interne avec le feuillet viscéral de l'arachnoïde, et par l'extrémité externe avec le feuillet pariétal. On voit nettement cette insertion de la gaine; mais il est

(1) *Loi des gaines séreuses.* Les séreuses étant des cavités closes et ne contenant jamais aucun organe, si un organe doit traverser la séreuse, cette membrane se jette sur lui et lui forme une gaine distincte de façon à ce qu'il n'ait point vue dans la cavité (gaine du pédicule du poumon, du cordon spermatique, replis péritonéaux logeant des vaisseaux, comme les épiploons, etc.)

impossible de décoller une membrane au delà du point où se fait l'insertion, du côté de la dure-mère.

De la réunion du feuillet viscéral au feuillet pariétal par l'intermédiaire des gaines séreuses, il résulte que ces deux feuillets sont séparés, comme les deux feuillets de la plèvre, par une cavité virtuelle dont les deux parois, viscérale et pariétale, sont adossées. Cette cavité est appelée *cavité arachnoïdienne;* elle ne renferme aucun liquide, elle offre seulement une couche onctueuse qui facilite le glissement des deux feuillets pendant les mouvements du cerveau. La cavité arachnoïdienne ne devient réelle que lorsqu'elle est le siège d'un épanchement, par exemple dans l'*hydrocéphalie*.

Parmi les gaines dont il vient d'être question, il en est une très remarquable, formée par l'arachnoïde sur la veine de Galien, en avant du sinus droit. On sait, en effet, que cette veine se porte de de la toile choroïdienne au sinus droit, et constitue, par conséquent, un organe étendu du cerveau à la dure-mère. La gaine de la veine de Galien se continue donc avec le feuillet viscéral de l'arachnoïde vers le milieu de la fente cérébrale, et avec le feuillet pariétal à l'extrémité antérieure du sinus droit. Eh bien, cette gaine séreuse est nécessairement détruite lorsqu'on enlève l'encéphale de la cavité cranienne. Bichat, qui la détruisait comme les autres, avait pris la coupe de cette gaine séreuse pour un canal naturel, faisant communiquer la cavité arachnoïdienne avec les ventricules du cerveau, et qu'il avait nommé *canal arachnoïdien*. Malgré l'autorité de ce grand maître et les efforts de Ludovic Hirschfeld pour faire croire à l'existence de ce canal, on ne peut aujourd'hui l'admettre, et il est parfaitement démontré qu'*il n'existe aucune communication entre la cavité de l'arachnoïde et celle des ventricules*.

Structure. — L'arachnoïde est composée de deux couches : une couche superficielle, endothéliale, regardant la cavité arachnoïdienne, et une couche profonde, conjonctive, existant seulement sur le feuillet viscéral et sur les gaines arachnoïdiennes.

Endothélium. — Il est partout continu; il recouvre la face externe du feuillet viscéral et la face interne de la dure-mère, de telle sorte que les parties qui glissent l'une sur l'autre dans les mouvements sont tapissées d'endothélium.

Tissu conjonctif. — Il forme une membrane continue au niveau du feuillet viscéral et des gaines. Cette membrane est recouverte par l'endothélium que nous venons de décrire, du côté de la cavité arachnoïdienne seulement; du côté de la pie-mère, dépourvue d'épithélium, elle est unie assez intimement avec la portion de la pie-mère qui recouvre le sommet des circonvolutions. Cette adhé-

rence est quelquefois assez complète pour emprisonner au niveau d'une anfractuosité une portion du liquide céphalo-rachidien.

Le tissu conjonctif du feuillet viscéral est formé de faisceaux anastomosés en réseaux et de quelques fibres élastiques fines.

C'est dans ce lieu que se développent les tubercules dans la *méningite tuberculeuse*, surtout à la base du cerveau.

On ne connaît ni les *vaisseaux* ni les *nerfs* de l'arachnoïde.

IV. — *Corpuscules de Pacchioni.*

On les appelle encore *granulations méningiennes*. Ce sont de petits grains d'un blanc jaunâtre, offrant une certaine analogie avec les granulations de la méningite tuberculeuse.

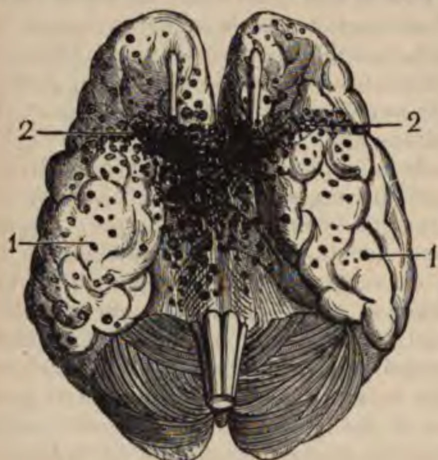


Fig. 615. — Base d'un cerveau dans la méningite tuberculeuse.

On y voit des tubercules isolés 1, et des tubercules agminés 2.

Ils sont situés au niveau de la grande scissure inter-hémisphérique, le long du sinus longitudinal supérieur. On en trouve quelques-uns à la scissure de Sylvius et rarement à la surface externe des hémisphères (fig. 612).

La nature de ces corpuscules a été longtemps inconnue : certains anatomistes les ont pris pour des dépôts graisseux, d'autres pour des produits pathologiques. A l'origine, Pacchioni les considérait comme des glandes (1701), et on les appelait *glandes de Pacchioni*, du nom d'un médecin romain, élève de Malpighi, né en 1664, mort en 1726.

Les micrographes s'accordent aujourd'hui pour admettre que ces petits corps dérivent immédiatement du tissu conjonctif. Ce sont des végétations exubérantes des corpuscules du tissu conjonctif. Dans certains cas morbides, cette prolifération prend une activité telle qu'il se forme des tumeurs de volume variable (fongus de la dure-mère).

Ces granulations n'existent pas chez le fœtus, mais sont très développées chez le vieillard, et leur situation n'est pas la même

aux diverses époques de la vie. Primitivement, elles se développent dans l'épaisseur de la pie-mère; plus tard, elles deviennent plus nombreuses et plus superficielles, perforent le feuillet viscéral de l'arachnoïde, puis le feuillet pariétal. Elles se creusent des ouvertures, plus tard, dans la dure-mère; quelques-unes pénètrent dans le sinus longitudinal supérieur, et enfin, après avoir traversé les trois membranes qui entourent l'encéphale, ces granulations usent la face interne des os du crâne, qu'elles perforent quelquefois d'une manière complète. Ces trous, plus ou moins profonds, de la surface interne du crâne, constituent un des principaux caractères de la voûte cranienne du vieillard.

Structure. — Les corpuscules de Pacchioni sont des végétations accidentelles du tissu conjonctif de la pie-mère. Ils sont constitués par des tracés de faisceaux conjonctifs entre-croisés et limitant les aréoles communiquant avec le liquide céphalo-rachidien qui les imbibe. Au milieu de ces faisceaux de fibres on trouve des granulations calcaires.

La surface des corpuscules, en refoulant le feuillet viscéral de l'arachnoïde, s'est coiffée de ce feuillet. Puis elle refoule le feuillet pariétal qui leur forme une seconde enveloppe. Ces deux feuillets adhèrent partiellement à la périphérie du corpuscule, de telle sorte que chaque corpuscule est revêtue d'une petite séreuse en miniature, *espace sub-dural*, communiquant avec la grande séreuse arachnoïdienne.

§ 2. — MÉNINGES RACHIDIENNES

Préparation. — On dénude la partie postérieure de la colonne vertébrale. Il faut avoir bien soin d'enlever toute la masse musculaire. On brise ensuite avec précaution les lames des vertèbres, ce qui se fait avec un gros ciseau ordinaire, ou mieux encore avec un rachitome. On enlève peu à peu tous les fragments des épines avec des tenailles. On voit la moelle épinière dès que la dure-mère est fendue dans toute sa longueur.

Les *méninges rachidiennes* se montrent dans le même ordre de superposition que les méninges craniennes, dont elles sont une continuation. Les méninges rachidiennes rappellent la disposition générale, et la structure des méninges craniennes. Comme dans l'étude de ces dernières, nous étudierons; 1° la dure-mère; 2° la pie-mère; et 3° l'arachnoïde.

I. — *Dure-mère rachidienne.*

La dure-mère rachidienne est un tube allongé, situé à la face interne du canal rachidien. Il se continue en haut avec la dure-mère cranienne; à son extrémité inférieure, il représente un cul-de-sac situé dans le canal sacré.

La *face externe* est en rapport avec la surface du canal rachidien. Il existe un espace entre ces parties, espace plus large sur les côtés et surtout en arrière, où l'on constate la présence d'un tissu cellulo-adipeux lâche, mou, presque diffluent, et des plexus veineux assez volumineux. En avant, la dure-mère adhère au ligament vertébral commun postérieur, surtout dans les régions cervicale et lombaire, par des prolongements fibreux assez résistants qui font complètement défaut en arrière.

Au niveau du trou occipital, la dure-mère est intimement unie aux os; les artères vertébrales la traversent de dehors en dedans.

Sur les parties latérales, la dure-mère fournit autant de prolongements tubuleux qu'il y a de nerfs rachidiens. Ces prolongements se portent vers les trous de conjugaison, contractent quelques adhérences avec le périoste qui revêt les parois des trous, et se jettent ensuite sur les nerfs, dont ils forment le névrilème, avec la pie-mère. Ces prolongements diffèrent donc de ceux de la dure-mère cranienne, qui se confondent avec le périoste de l'extérieur du crâne.

La *face interne* de la dure-mère rachidienne offre la plus grande analogie avec celle de la dure-mère cranienne; elle est lisse et polie, aspect dû à la couche d'endothélium qui la recouvre. Elle donne insertion à une foule de prolongements fibreux venus de la pie-mère, en avant et en arrière, sur toute l'étendue de la moelle. Ces prolongements sont irréguliers et mesurent une longueur de 3 à 4 millimètres. Sur les côtés, ces prolongements offrent une grande régularité; ils constituent dans leur ensemble le *ligament dentelé* de la moelle (voy. *Moelle*).

L'*extrémité inférieure* de la dure-mère rachidienne est un cul-de-sac, *cul-de-sac dural*. Ce cul-de-sac a la forme d'un cornet dont le sommet correspond sauf de rares exceptions, à la partie moyenne de la *deuxième vertèbre sacrée*, quelques millimètres plus bas chez l'enfant. Chipault a constaté que ce sommet correspond à l'extérieur, à la première apophyse épineuse sacrée.

Au niveau du cul-de-sac dural, les prolongements fibreux, qui sont signalés sur la face antérieure de la dure-mère rachidienne, deviennent plus nombreux et plus solides, ce qui leur a valu le nom donné par Trolard de *ligament antérieur de la dure-mère*.

Les ganglions rachidiens sont situés en dehors du cul-de-sac dural, à une petite distance (voy. *Ligament coccygien*).

Sa *structure* est celle de la dure-mère cranienne.

II. — *Pie-mère rachidienne.*

La pie-mère rachidienne fait suite à la pie-mère cranienne; elle recouvre immédiatement la surface de la moelle épinière, et elle

se comporte de la même manière que la pie-mère cranienne. Elle représente une véritable membrane fibreuse, résistante, formant pour ainsi dire, une écorce à la moelle épinière.

La *face interne* est très adhérente à la substance nerveuse par les nombreux vaisseaux qui se portent de la pie-mère à la moelle. La pie-mère envoie un prolongement double, dans le sillon médian antérieur, au fond du sillon jusqu'à la commissure antérieure de la moelle.

Ce prolongement est le seul que la pie-mère envoie dans la moelle. Ceux qu'on décrivait autrefois sont des cloisons de la névroglie.

La *face externe* de la pie-mère rachidienne est séparée de la dure-mère par l'arachnoïde; elle fournit un certain nombre de prolongements qui fixent la moelle et qui ont été décrits en commençant l'étude de la moelle épinière (voy. *Moelle*).



Fig. 616. — Ligament dentelé et racines des nerfs rachidiens.

1, 1, cordons postérieurs de la moelle. — 2, 2, section des pédicules des vertèbres. — 3, 3, nerfs rachidiens. — 4, 4, division du faisceau des racines postérieures des nerfs rachidiens. — 5, 5, 5, 5, insertions du ligament dentelé sur les pédicules des vertèbres.

Structure. — La pie-mère rachidienne se compose de deux couches : couche externe, couche interne.

Couche externe. — Elle est formée de faisceaux de fibres de tissu conjonctif, longitudinaux pour la plupart, avec un revêtement endothélial sur ses deux faces.

Couche interne. — Appelée *intima pia* par Retzius, la couche interne contient des faisceaux circulaires de fibres conjonctives. Un fin réseau de fibres élastiques recouvre les deux faces de cette couche. A la surface libre de ces réseaux élastiques se trouve une couche endothéliale. Entre les fibres, surtout à la région cervicale, on rencontre une certaine quantité de pigment.

On décrit un *espace lymphatique*, dit *intra-pial*, entre les deux couches de la pie-mère. Cet espace communiquerait avec les espaces sous-arachnoïdiens, avec les gaines lymphatiques des vaisseaux de la moelle et avec les espaces inter-fasciculaires de l'intima pia.

Les *vaisseaux sanguins* de la pie-mère rachidienne appartiennent principalement à la moelle; on trouve quelques réseaux capillaires propres à la pie-mère. On ne connaît pas ses *vaisseaux lymphatiques*.

Les *nerfs* de la pie-mère rachidienne sont nombreux : ce sont des rameaux sympathiques qui pénètrent dans la moelle avec les artères; quelques-uns s'écartent des artères, mais on ne connaît pas leur mode de terminaison dans la pie-mère.

III. — *Arachnoïde rachidienne.*

L'arachnoïde rachidienne offre deux feuillets, pariétal et viscéral, en continuité avec ceux de l'arachnoïde cranienne. Entre les deux feuillets, se trouve la cavité arachnoïdienne, qui est un prolongement de celle que nous avons vue dans le crâne. Enfin, l'espace sous arachnoïdien du crâne, espace dans lequel nous avons vu le liquide céphalo-rachidien, se continue dans le canal rachidien, au-dessous du feuillet viscéral de l'arachnoïde rachidienne.



Fig. 617. — Coupe schématique de la moelle et de ses enveloppes.

1, parois osseuses. — 2, dure-mère. — 3, feuillet pariétal de l'arachnoïde. — 4, cavité arachnoïdienne. — 5, feuillet viscéral de l'arachnoïde. — 6, espace sous-arachnoïdien et liquide céphalo-rachidien. — 7, pie-mère et surface de la moelle. — 8, 8, coupe des deux ligaments dentelés, sur lesquels on voit la réflexion du feuillet viscéral de l'arachnoïde.

Feuillet pariétal. — Lorsqu'on examine la surface interne de la dure-mère dans le crâne, et qu'on la suit dans le rachis, on voit qu'elle continue à offrir son aspect lisse et poli, dû à la présence du feuillet pariétal qui la recouvre et qui est intimement confondu avec elle. Comme sur la dure-mère cranienne, on peut constater à la surface interne de la dure-mère rachidienne, une couche d'endothélium, semblable à celui de l'arachnoïde cranienne, dont les cellules offrent un diamètre de 11 à 13 μ. Comme la dure-mère rachidienne, ce feuillet descend jusqu'à la partie inférieure du canal sacré. Au niveau des trous du rachis, la dure-mère se prolonge sur les nerfs pour concourir à la formation du névrilème, tandis que le feuillet pariétal de l'arachnoïde se réunit au feuillet viscéral de manière à empêcher toute communication de la cavité arachnoïdienne avec l'extérieur du canal.

Feuillet viscéral. — Ce feuillet est le prolongement du feuillet viscéral, de l'arachnoïde cranienne; sa face interne ou profonde, conjonctive, est en rapport avec le liquide céphalo-rachidien; sa face externe ou superficielle, endothéliale, limite la cavité arachnoï-

dienne. Les caractères physiques et anatomiques de l'arachnoïde rachidienne sont les mêmes que ceux de l'arachnoïde cranienne. Elle est très mince et transparente. Sa face interne est séparée de la pie-mère par un espace relativement assez considérable, contenant le liquide céphalo-rachidien. Cet espace augmente vers la partie inférieure du rachis, où le liquide céphalo-rachidien s'accumule et forme une sorte de poche, *lac bulbo-spinal*, au centre

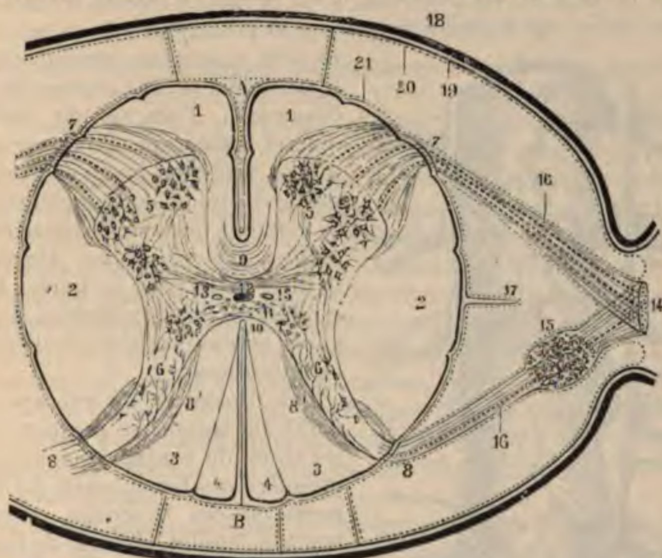


Fig. 618. — Coupe schématique de la moelle épinière et du canal rachidien, montrant les gaines arachnoïdiennes pointillées.

A, sillon médian antérieur. — B, sillon médian postérieur. — 1, 2, 3, cordons antérieurs, latéraux et moyens. — 4, 4, cordons de Goll. — 5, corne antérieure. — 6, corne postérieure. — 7, 7, implantation des racines antérieures sur la moelle. — 8, implantation des racines postérieures. — 9, commissure blanche. — 10, commissure grise. — 11, 12, coupe du canal de l'épendyme. — 13, 13, coupe d'un gros vaisseau. — 14, coupe du tronc du nerf rachidien. — 15, ganglion des racines postérieures. — 16, 16, racines du grand sympathique ponctuées, mêlées aux racines des nerfs rachidiens. — 17, coupe du ligament dentelé. — 18, paroi osseuse. — 19, dure-mère. — 20, feuillet pariétal de l'arachnoïde. — 21, feuillet viscéral de l'arachnoïde.

de laquelle est plongée la queue de cheval, et dont la paroi est formée par le feuillet viscéral de l'arachnoïde rachidienne.

Dans le crâne, l'arachnoïde cranienne est adhérente à la pie-mère au sommet des circonvolutions; dans le rachis, la couche liquide est plus abondante, et ces deux membranes n'arrivent pas au contact.

Continuité des deux feuillets. — L'arachnoïde étant une séreuse, les deux feuillets doivent être unis de manière à limiter une cavité

close. Comme dans le crâne, cette réunion des deux feuillets, cette continuité, se fait sur une foule de points, au niveau de tout prolongement qui se porte de la pie-mère ou de la moelle à la dure-mère, ou à l'extérieur du rachis. Ces prolongements sont : des filaments de tissu cellulo-fibreux et des vaisseaux qui unissent la pie-mère à la dure-mère, les racines des nerfs rachidiens, les dents du ligament dentelé, le ligament coccygien.

Les *filaments cellulo-fibreux* sont de petits tractus irréguliers qu'on trouve sur les faces antérieure et postérieure de la moelle ; ils sont nombreux surtout sur la ligne médiane. Sur chacun de ces filaments, l'arachnoïde rachidienne forme une gaine séreuse qui se prolonge jusqu'au feuillet pariétal, qui isole complètement le filament de la cavité arachnoïdienne. Des *vaisseaux* perforent la dure-mère pour se porter à la pie-mère ; ils sont revêtus d'une gaine séreuse, comme les tractus cellulo-fibreux.

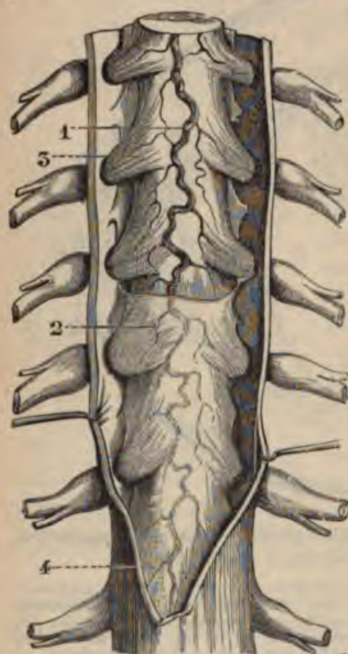


Fig. 619. — Tronçon de moelle avec ses enveloppes.

1, pie-mère avec ses vaisseaux bien apparents. — 2, feuillet viscéral de l'arachnoïde voilant en partie les vaisseaux de la pie-mère. — 3, racines antérieures des nerfs rachidiens. — 4, bords de la dure-mère incisée, écartés avec deux crochets.

On voit le ligament dentelé sur cette figure.

Les *faisceaux de racines des nerfs rachidiens* se portent vers les trous de conjugaison avec la pie-mère qui les entoure. Au moment où ces faisceaux rencontrent le feuillet viscéral de l'arachnoïde, ils le repoussent en dehors et s'en forment une gaine qui adhère à leur surface. Cette gaine se continue jusqu'à la dure-mère, où elle se confond avec le feuillet pariétal.

Les *dents du ligament dentelé* sont disposées, ainsi que nous l'avons déjà vu, de chaque côté de la moelle, comme les dents d'une lame de scie dont les pointes viendraient s'attacher à la face interne de la dure-mère, à droite et à gauche de la moelle. Chaque dent soulève le feuillet viscéral de l'arachnoïde, qui lui forme une gaine, pour se confondre, vers le sommet de la dent, avec le feuillet pariétal.

Le *ligament coccygien* est entouré d'une gaine analogue à celles

qui revêtent la surface des faisceaux de racines des nerfs rachidiens.

La *structure* de l'arachnoïde rachidienne ne diffère pas de celle de l'arachnoïde cranienne, à la description de laquelle nous renvoyons le lecteur. Ajoutons cependant qu'on ne trouve pas d'endothélium à la surface des gaines que l'arachnoïde semble fournir aux dents du ligament dentelé.

IV. — *Cavité arachnoïdienne.*

La cavité arachnoïdienne est située entre le feuillet pariétal et le feuillet viscéral de l'arachnoïde. C'est une vaste cavité étendue du sommet du crâne à la partie inférieure du canal rachidien. Si l'on compare l'archnoïde aux autres séreuses, plèvre, péricarde, péritoine, la cavité arachnoïdienne représente les cavités pleurale, péricardique, péritonéale. Comme dans ces séreuses, la cavité est virtuelle et ne se manifeste que dans les cas où un liquide anormal s'y accumule. Quelques auteurs n'admettent pas le feuillet pariétal de l'arachnoïde, et ils ne décrivent à cette membrane que le feuillet viscéral. Raisonnablement, on ne peut pas nier le feuillet pariétal : 1° parce qu'on voit manifestement les gaines, fournies par le feuillet viscéral aux divers organes, se porter à la dure-mère, où elles se perdent ; 2° parce que la face interne de la dure-mère est revêtue d'un endothélium analogue à celui du feuillet viscéral, endothélium continu avec celui du feuillet viscéral, par l'intermédiaire des gaines.

La cavité arachnoïdienne ne renferme aucun liquide à l'état normal ; la surface épithéliale de l'arachnoïde est seulement humide et recouverte d'une couche très légère et onctueuse de sérosité, destinée à faciliter les mouvements du feuillet viscéral sur le feuillet pariétal.

Il n'y a aucune communication entre la cavité arachnoïdienne et les cavités épendymaires, c'est-à-dire avec les ventricules.

Le liquide céphalo-rachidien est situé ailleurs, entre la pie-mère et le feuillet viscéral de l'arachnoïde, dans un espace connu sous le nom d'*espace sous-arachnoïdien*.

V. — *Espace sous-arachnoïdien. — Liquide céphalo-rachidien.*

La description de ces deux parties ne peut pas être séparée, attendu que le liquide céphalo-rachidien remplit l'espace sous-arachnoïdien.

1° Espace sous-arachnoïdien.

On donne ce nom à l'intervalle qui sépare la face profonde du feuillet viscéral de l'arachnoïde de la face superficielle de la pie-

mère. Luschka dit qu'il existe un endothélium sur les parois de cet espace, c'est-à-dire à la surface de la pie-mère et à la face profonde du feuillet viscéral de l'arachnoïde.

Comme la cavité arachnoïdienne, l'espace sous-arachnoïdien s'étend du sommet du crâne à la partie inférieure du rachis, pour ne former qu'une seule cavité. Cependant, les adhérences entre les deux parois de l'espace sous-arachnoïdien sont assez nombreuses, principalement dans le crâne. A la surface des circonvolutions et sur les parties saillantes de la base de l'encéphale, le feuillet viscéral de l'arachnoïde et la pie-mère sont unis par un tissu conjonctif assez résistant.

L'espace sous-arachnoïdien communique avec les cavités ventriculaires.

Il renferme le liquide céphalo-rachidien. A la surface du cerveau ce liquide est contenu dans de petits intervalles prismatiques et triangulaires (anfractuosités du cerveau) que recouvre le feuillet viscéral de l'arachnoïde. Ces espaces sont sinueux comme les circonvolutions ; ils communiquent entre eux et avec les espaces plus considérables qu'on trouve à la base de l'encéphale. Cependant l'union de l'arachnoïde à la pie-mère est quelquefois assez intime, à la surface des circonvolutions, pour emprisonner une portion de liquide céphalo-rachidien qui ne communique pas avec le reste.

En certaines régions, l'espace sous-arachnoïdien est plus considérable. Je rappelle que le feuillet viscéral de l'arachnoïde s'étend d'une saillie à une autre, à la manière d'un pont, sans pénétrer dans les interstices, comme le fait la pie-mère. Les espaces sous-arachnoïdiens, dans lesquels s'accumule le liquide céphalo-rachidien, ont été nommés *confluents* par Magendie ; le mot confluent est impropre, parce qu'il donne l'idée d'un courant et que *le liquide céphalo-rachidien ne circule pas.*

Le *confluent inférieur*, le plus considérale, est situé entre les deux cornes sphénoïdales du cerveau et la protubérance.

Le *confluent postérieur* est un intervalle situé entre la partie postérieure du bulbe et la partie inférieure du cervelet ; c'est à ce niveau que l'espace sous-arachnoïdien communique avec la cavité du quatrième ventricule par le trou de Magendie, et avec les autres ventricules, par l'intermédiaire de l'aqueduc de Sylvius.

Voilà les deux confluents principaux ; il serait facile d'en indiquer un plus grand nombre, mais sans nécessité : comme au niveau du genou du corps calleux, du bourrelet du corps calleux et de la scissure de Sylvius. Il existe encore une région dans laquelle le liquide céphalo-rachidien s'accumule en quantité considérable, et forme un véritable lac autour de la queue de cheval ;

je veux parler de la partie inférieure du canal rachidien *lac bulbo-spinal*. On pourrait l'appeler *confluent vertébral*.

2° Liquide céphalo-rachidien.

Le liquide céphalo-rachidien découvert, en 1764, par Cotugno, est transparent, fluide, d'une saveur salée.

Il occupe l'espace sous-arachnoïdien, qu'il remplit entièrement. Il pénètre dans les cavités ventriculaires en passant par le trou de Magendie, le quatrième ventricule et l'aqueduc de Sylvius.

La *quantité* de ce liquide dépend du rapport qui existe entre le volume des centres nerveux et la capacité de la cavité céphalo-rachidienne; elle est très minime lorsque l'encéphale est volumineux, comme on l'observe, par exemple, dans l'hypertrophie du cerveau. Si cet organe s'atrophie, elle devient, au contraire, considérable. Cette variété dans la quantité du liquide céphalo-rachidien explique pourquoi Cotugno, qui l'a découvert, l'évaluait à 140 grammes en moyenne, Magendie à 62 grammes, et pourquoi Longet a pu en trouver jusqu'à 372 grammes.

La portion de liquide céphalo-rachidien contenue dans les cavités ventriculaires est peu considérable, car, dans ces cavités, les parois sont presque en contact.

Lorsqu'on fait des vivisections et des autopsies, on peut se convaincre que ce liquide est relativement plus abondant pendant la vie. Après la mort, la quantité diminue, les méninges sont flasques et presque plissées chez le cadavre, et il existe un espace vide variable entre l'encéphale et les parois craniennes.

L'analyse du liquide céphalo-rachidien donne, pour 100 grammes, 1 gramme 50 centig. de parties solides, et 98 grammes 50 centig. d'eau. Parmi les parties solides, on trouve 0,80 centig. de chlorures de sodium et de potassium, un peu d'albumine, d'osmazôme, et des traces de phosphate de chaux et de carbonate de soude.

Au *microscope*, on n'y trouve aucun élément. En retirant du liquide par une ponction lombaire, dans 12 cas de *méningite tuberculeuse*, Widal, Sicard et Ravaut y ont constaté la présence de nombreux *lymphocytes* et quelques rares polynucléaires; renseignements précieux pour le diagnostic. (*Presse méd.*, 17 oct. 1900).

La source de ce liquide est dans la pie-mère. C'est un produit d'exhalation des vaisseaux de cette membrane. Lorsque, dans une fracture du crâne, les méninges sont déchirées jusqu'au feuillet viscéral de l'arachnoïde inclusivement, le liquide céphalo-rachidien s'écoule sans cesse et se reproduit à mesure qu'il s'échappe, de tel sorte qu'on peut en recueillir un litre et plus dans certains

cas de fracture du crâne. Lorsqu'on soustrait ce liquide à un animal vivant, en faisant une ponction aux membranes de la moelle, les vaisseaux de la pie-mère laissent exhaler la partie séreuse du sang, et, au bout de vingt-quatre heures, il existe une aussi grande quantité de liquide qu'avant l'expérience.

Le liquide céphalo-rachidien véhicule d'un anesthésique. — Le Dr Bier de Kiel, a préconisé un procédé singulier pour produire l'anesthésie des membres inférieurs. Le malade peut assister à une opération, non sentie, sur la partie inférieure de son individu. Ce procédé consiste à injecter une solution aqueuse contenant de 2 à 4 centigrammes, pas plus, de chlorhydrate de cocaïne.

Manuel opératoire de l'injection de cocaïne dans le liquide céphalo-rachidien. — On prend une seringue de Pravaz, d'une contenance de 2 centimètres cubes et pourvue d'une aiguille en platine longue de 8 centimètres. Cette canule doit être stérilisée à la flamme d'une lampe à alcool.

On fait à la peau une marque sur l'apophyse épineuse lombaire correspondant à une ligne horizontale étendue entre les deux crêtes iliaques. C'est ordinairement la quatrième. Puis on place l'index de la main gauche sur l'apophyse épineuse indiquée et on enfonce la canule de la seringue entre le quatrième et le cinquième apophyse épineux, à un demi-centimètre au-dessous du bout de l'index gauche, c'est-à-dire de la quatrième apophyse épineuse.

Il faut attendre que quelques gouttes de liquide céphalo-rachidien sortent par la canule. Alors on inspecte lentement la solution de cocaïne. On injecte les trois quarts du contenu de la seringue, soit un centimètre cube et demi ou un centigramme et demi de cocaïne. Il ne faut pas dépasser 2 centigrammes, c'est-à-dire la seringue entière.

L'anesthésie des membres inférieurs se manifeste au bout de dix à quatorze minutes et elle dure une heure et demie.

On a observé, selon Tuffier, des accidents sans importance, disparus dans la journée : fourmillement et engourdissement des extrémités, anxiété, nausées, rarement vomissements, pâleur de la face, bouffées de chaleur, sueur, accélérateurs du pouls. Le même chirurgien n'a observé aucun accident grave sur 126 malades. Selon Severeanu, de Bucarest, qui a eu recours 70 fois à ce moyen, il faut combattre ces accidents légers par la caféine et le sérum artificiel ou injections sous-cutanées. Pitesci, de Bucarest, l'a employé 83 fois. Malgré ses avantages, il ne pense pas que l'anesthésie médullaire par la cocaïne puisse jamais remplacer l'anesthésie cérébro-spinale par le chloroforme et par l'éther. Nicoletti, de Naples, a constaté que cette injection n'altère pas les

éléments nerveux. Il se produit, selon lui, une vaso-constriction suivie d'une vaso-dilatation. L'injection dans la région cervicale tue les animaux.

L'injection de cocaïne est faite avec succès pour supprimer les douleurs de l'enfantement chez les femmes en couches (Dupaigne).

Fonctions. — *Son vrai rôle.* — Il est certain que ce liquide n'est là que pour remplir le vide qui existe autour des centres nerveux. Il remplit le vide de la cavité céphalo-rachidienne, comme la moelle remplit le vide qui se fait dans les os. Alors, dira-t-on, pourquoi existe-t-il un intervalle entre les centres nerveux et les parois osseuses ?

Les centres nerveux ne pourraient pas être appliqués directement contre les parois osseuses du crâne et du rachis pour deux raisons : 1° les gros vaisseaux de l'encéphale étant tous placés à la surface des centres nerveux, la circulation ne pourrait pas se faire librement dans ces vaisseaux ; 2° la moelle subirait une compression dans les mouvements de la colonne vertébrale ; voilà pourquoi il existe un intervalle.

Dans les cas où les centres nerveux s'atrophient, ces parois osseuses ne peuvent pas s'affaisser, à cause de leur rigidité. Un vide tend à se produire dans la cavité cranienne, et ce vide se comble immédiatement par la partie séreuse du sang qui transsude au travers des parois des capillaires de la pie-mère.

Foltz, de Lyon, appelait le liquide le *ligament suspenseur* des centres nerveux. Selon Foltz, l'encéphale perd dans ce liquide les 98/100ᵉ de son poids, selon la loi d'Archimède.

Selon moi le liquide céphalo-rachidien n'a aucune fonction spéciale. Il *remplit les espaces* qui se produisent entre les centres nerveux et les parois osseuses ; il joue un *rôle purement passif* et il est agité de mouvements produits par la respiration et la circulation.

Oscillations, mouvements du liquide céphalo-rachidien. — Le liquide céphalo-rachidien n'est jamais à l'état de repos ; il est le siège d'oscillations incessantes qui sont en rapport avec la circulation et avec la respiration. On a beaucoup écrit et discuté sur la manière dont se produisent ces mouvements, faciles à expliquer.

1° *Mouvements du liquide céphalo-rachidien en rapport avec la circulation du sang.* — Au moment où le ventricule gauche lance une ondée sanguine dans l'aorte, toutes les artères se distendent. Par conséquent, les artères répandues à la surface de l'encéphale et de la moelle se dilatent. Or, comment peut-on expliquer cette dilatation, si le liquide céphalo-rachidien entoure les artères (les liquides sont incompressibles), si la paroi osseuse

du crâne est inextensible, et si les centres nerveux ne se laissent pas réduire par la compression ? Il faut bien que le trop plein des artères trouve à se loger.

Au crâne, la dure-mère adhère aux os, mais, au rachis, cette membrane n'est pas immédiatement appliquée contre la surface du canal rachidien ; il existe un intervalle rempli de tissu cellulo-adipeux et de veines entre la dure-mère rachidienne et la paroi osseuse.

Au moment de la diastole artérielle, le liquide céphalo-rachidien est refoulé, comprimé, dans le crâne comme dans le rachis ; celui du crâne rencontrant des parois inextensibles, puisque la dure-mère est adhérente aux os, reflue vers le rachis ; dans cette dernière région, la dure-mère, un peu élastique, se laisse distendre et loge momentanément l'excès du liquide céphalo-rachidien venu du crâne.

Le même phénomène se produit dans le rachis, mais il est inappréciable, à cause du petit volume des artères de la moelle.

Ce mouvement se répète soixante-dix fois par minute ; il est presque imperceptible ; mais il existe on peut le démontrer par l'expérience directe :

1° Lorsqu'une portion de la boite cranienne vient à manquer, les parties qui la remplacent sont molles et extensibles, et laissent percevoir les mouvements. C'est ce qu'on observe au niveau de la fontanelle antérieure des nouveau-nés, dont la paroi molle et extensible est soulevée par le liquide céphalo-rachidien à chaque pulsation (70 fois par minute).

2° Une expérience consiste à faire un trou au crâne, à y introduire un tube rempli d'eau colorée. Ce tube est fermé du côté de l'air atmosphérique et communique par l'autre extrémité avec le liquide céphalo-rachidien. Tant que le tube reste fermé à l'extérieur, il représente une portion inextensible des parois du crâne, et l'on n'observe aucun mouvement dans le liquide, mais, si on le fait communiquer avec l'air, on voit le liquide osciller à chaque pulsation artérielle. Le même phénomène se produit si on ferme le tube à l'extérieur avec une membrane souple, extensible, comme du caoutchouc. Cette expérience à elle seule suffit à l'étude complète des mouvements du liquide céphalo-rachidien.

Concluons donc qu'il se produit un mouvement dans le liquide céphalo-rachidien, mouvement isochrone aux pulsations artérielles, que ce mouvement est insensible dans le crâne, à l'état normal, et qu'il se manifeste seulement dans la région rachidienne, seule région dans laquelle la dure-mère se laisse dilater. Autrement dit il y a un reflux de ce liquide, du crâne au rachis, à chaque contraction du cœur.

On admet que le cerveau est soulevé en même temps par la dilatation des artères situées à sa base. Il est douteux que ce mouvement se produise. Du reste, il n'est admis que théoriquement, et personne ne l'a encore constaté.

2° *Mouvements du liquide céphalo-rachidien en rapport avec les mouvements respiratoires. Faits et expériences.* — 1° Regardez la fontanelle antérieure d'un nouveau-né, elle se soulève pendant l'expiration. Si l'expiration est forte, comme dans un effort, lorsque l'enfant crie, par exemple, le fontanelle se soulève davantage et se tend considérablement.

2° Voyez ce qui se passe dans l'*hydrorachis* ou *spina-bifida* (l'enfant porte dans le dos, le plus souvent à la région lombaire, une tumeur liquide qui représente une sorte de fontanelle ; comme dans la fontanelle, il existe dans la tumeur de l'hydro-rachis une paroi souple et extensible recouvrant le liquide céphalo-rachidien) : pendant l'expiration, elle se soulève, et si l'enfant fait un effort, s'il crie, la distension de la tumeur devient considérable (fig. 620).



Fig. 620. — Tumeur du spina-bifida affaissée et plissée pendant l'inspiration.

3° Lorsque les parois osseuses du crâne ont été détruites, on constate un affaissement des parties molles correspondantes pendant l'inspiration, et un soulèvement pendant l'expiration.

4° Dans l'expérience précédemment citée, et qui consiste à visser dans le trou fait par une couronne de trépan un tube en verre ouvert aux deux extrémités et rempli d'eau colorée, tube communiquant par l'une des extrémités avec le liquide céphalo-rachidien, et par l'autre avec l'air atmosphérique ; dans cette expérience, dis-je, on constate que le liquide s'abaisse dans le tube à chaque inspiration, et qu'il s'élève pendant l'expiration.

5° Dans l'expérience de Magendie, les mêmes phénomènes s'observent : ce savant plaçait le tube rempli d'eau colorée, non dans un trou du crâne, comme dans l'expérience précédente, mais

au-dessous de l'occipital, *à l'extrémité supérieure du canal rachidien ;* la colonne liquide descendait à chaque inspiration et remontait à chaque expiration.

6° Richet, en présence de Longet et de Gavarret (1) place le tube dans la région lombaire ; seulement, il recouvre l'extrémité libre du tube d'un disque de peau fermant hermétiquement, puis, il constate les mêmes phénomènes : c'est-à-dire que le disque de peau s'affaisse pendant l'inspiration, et est soulevé pendant l'expiration. (Richet, *Anatomie chirurgicale*, 4e édition.)

Dans ces expériences, on constate donc la présence de deux mouvements : l'un plus accusé, se répétant seize à dix-huit fois par minute, et correspondant aux mouvements de la respiration ; l'autre, beaucoup moins étendu, consistant en petites oscillations isochrones aux pulsations artérielles, et se répétant, par conséquent, soixante-dix fois par minute environ. Ces deux mouvements se distinguent très bien dans l'expérience du tube de verre, telle que je viens de la décrire.

Comment expliquer le mouvement du liquide céphalo-rachidien isochrone aux mouvements respiratoires ?

A l'état normal, la dilatation du thorax pendant l'inspiration ne fait pas le vide seulement dans le poumon ; il se produit, en même temps, une sorte de dilatation dans le cœur et dans les gros vaisseaux de la cavité thoracique. Cette dilatation, ou plutôt cette tendance au vide, a pour effet d'aspirer, pour ainsi dire, le sang veineux vers le cœur.

Tous les physiologistes savent cela. Barry l'a démontré par l'expérience : un tube est fixé par une extrémité dans la veine cave inférieure d'un cheval, l'autre extrémité plonge dans de l'eau colorée ; à chaque inspiration, le liquide coloré s'élève à une certaine hauteur dans le tube. Cette aspiration du sang veineux est surtout marquée dans les veines qui avoisinent le thorax. Dans l'expiration, au contraire, les veines se remplissent de sang, la circulation y est plus lente.



Fig. 621.

Le sang veineux du crâne et du rachis est attiré vers le thorax

(1) Gavarret, Louis-Dominique, professeur de physique à la Faculté de médecine de Paris pendant 42 ans, de 1844 à 1886. Né à Astaffort (Lot-et-Garonne), mort le 31 août 1890.

pendant l'inspiration; les veines de ces régions se dilatent pendant l'expiration. — Cette influence du sang veineux s'exerce également sur les veines intra-craniennes et intra-rachidiennes.

Les veines intra-craniennes : veines cérébrales, cérébelleuses et sinus de la dure-mère, se jettent dans la jugulaire interne, au niveau du trou déchiré postérieur. Le sang veineux s'écoule librement et rapidement pendant l'expiration, ces organes se distendent.

Les veines intra-rachidiennes, dépourvues de valvules, comme les veines intra-craniennes, sont très volumineuses et très nombreuses; elles se jettent dans les veines intercostales, avec lesquelles elles s'anastomosent en dehors des trous de conjugaison, et par l'intermédiaire des veines intercostales supérieures et des veines azygos, elles se rendent dans la veine cave supérieure et dans les troncs veineux brochio-céphaliques. (*On se rappelle que les veines azygos situées dans le thorax, en avant de la colonne vertébrale, reçoivent les veines intercostales des deux tiers inférieurs du thorax, tandis que celles du tiers supérieur se jettent dans les troncs des veines intercostales supérieures, lesquels troncs s'abouchent dans les troncs veineux brachio-céphaliques.*)

Pendant l'inspiration, le sang veineux intra-cranien et intra-rachidien est aspiré par le thorax ; ce liquide se précipite vers la veine cave supérieure par les voies que j'ai indiquées : jugulaires internes, azygos, tronc des intercostales supérieures. Pendant l'expiration, les veines cérébrales, les sinus de la dure-mère et les veines intra-rachidiennes se remplissent de sang; si l'expiration est forte et prolongée, ces vaisseaux deviennent turgescents.

Le contenu du crâne et du rachis diminue pendant l'inspiration, il augmente pendant l'expiration. — Si le sang veineux fuit, en partie, de la cavité céphalo-rachidienne pendant l'inspiration, le contenu de cette cavité diminue évidemment; s'il s'y accumule pendant l'expiration, le contenu augmente. Or, la diminution et l'augmentation de ce contenu ne peuvent avoir lieu, si les parois de la cavité céphalo-rachidienne sont inextensibles.

Ce qui précède n'explique-t-il pas suffisamment les expériences que nous avons données plus haut? 1° Lorsque la fontanelle du nouveau-né s'affaisse pendant l'inspiration, c'est que le contenu de la cavité céphalo-rachidienne diminue par suite de l'aspiration du sang veineux, et que la peau de la fontanelle tend à s'enfoncer dans la cavité cranienne; 2° Lorsque la tumeur de l'hydrorachis s'affaisse pendant l'inspiration, c'est pour la même raison; 3° Il en est de même dans le cas de destruction des os du crâne par la nécrose; la peau se laisse déprimer pendant l'inspiration; 4° Nous avons vu que le liquide s'abaisse dans un tube fixé au crâne, à

chaque inspiration ; c'est toujours pour la même raison : diminution du contenu de la cavité céphalo-rachidienne par aspiration du sang veineux intra-cranien et intra-rachidien pendant l'inspiration ; 5° Le même phénomène se passe dans l'expérience de Magendie citée plus haut (tube à l'extrémité supérieure du canal rachidien), toujours pour la même raison. 6° Il en est enfin de même dans l'expérience de Richet (tube fixé à la région lombaire) : à chaque inspiration, la membrane élastique qui ferme le tube se déprime, comme la fontanelle antérieure, comme la tumeur de l'hydro-rachis, parce que le contenu de la cavité céphalo-rachidienne diminue.

Dans toutes ces expériences, un phénomène inverse se produit pendant l'expiration, parce que le sang s'accumule dans la cavité céphalo-rachidienne ; par suite de cette distension des vaisseaux veineux, le liquide céphalo-rachidien comprimé, refoulé, se porte de tous côtés et tend à fuir. Voilà pourquoi la fontanelle antérieure, la tumeur de l'hydro-rachis, le cuir chevelu des malades privés de paroi osseuse cranienne, se distendent; voilà pourquoi le liquide monte dans les tubes à expérience, et pourquoi aussi la membrane qui recouvre le tube de Richet est refoulée.

Nous voici en mesure d'expliquer ce qui se passe :

Dans le crâne de l'adulte, il n'y a plus de fontanelle dépressible, les parois craniennes constituent une cavité à parois rigides ; il existe bien des trous à la base du crâne, mais ceux-ci sont complètement bouchés par les organes qui les traversent. Si le liquide céphalo-rachidien se déplace, il ne peut se porter que vers la cavité rachidienne, par le trou occipital, ce qui a lieu en effet.

Dans le rachis, c'est bien différent : d'abord, il existe un espace rempli de tissu cellulo-graisseux et de veines entre la dure-mère et les os ; ensuite, on trouve sur les côtés du rachis soixante-dix trous (cinquante trous de conjugaison et vingt trous au sacrum et à la base du coccyx) ; ces trous sont considérables, et chacun d'eux laisse passer une veine, une petite artère et un nerf, organes dont la réunion ne suffit pas peut-être à combler le quart du trou. Les trois quarts sont remplis de tissu cellulo-graisseux assez mou. Il existe donc au niveau de ces trous autant de soupapes formées par ce tissu cellulo-graisseux. Ce sont ces soupapes qui jouent un grand rôle dans le mouvement qui nous occupe. C'est au niveau de ces soupapes qu'on peut observer les phénomènes que nous avons constatés sur la fontanelle, sur la tumeur de l'hydrorachis, etc.

Au moment de l'inspiration, le sang veineux céphalo-rachidien se précipitant vers le cœur, le vide qui se produit dans le rachis est beaucoup plus considérable qu'au crâne, parce que les veines

intra-rachidiennes sont très nombreuses, très volumineuses, et à parois minces et flasques, tandis que les sinus de la dure-mère, très volumineux aussi, ont des parois rigides, se déprimant moins facilement. Il se fait un vide dans le crâne et dans le rachis. Si ce vide tend à se faire, il est indispensable qu'il soit comblé en même temps qu'il se produit.

Une petite portion de liquide céphalo-rachidien du rachis pénètre dans le crâne à chaque inspiration. — La cavité cranienne est parfaitement close, et le vide qui se fait ne peut être comblé que par le liquide céphalo-rachidien du rachis, qui est, pour ainsi dire, aspiré vers le crâne. La quantité de liquide céphalo-rachidien pénétrant dans la cavité cranienne correspond à la quantité de sang sortie du crâne, et doit être, par conséquent, fort peu considérable. Il est facile maintenant de se rendre compte de l'expérience qui consiste à visser à un trou du crâne un *tube fermé* à son extrémité et rempli d'eau ; ce liquide reste toujours immobile, dans l'inspiration comme dans l'expiration, quoiqu'il communique avec le liquide céphalo-rachidien. Cela se conçoit, parce que la paroi inextensible du tube représente exactement un point des parois du crâne.

Le seul mouvement qui se produise est donc une légère ascension du liquide dans le crâne pendant l'inspiration.

Comment le vide produit dans le rachis est-il comblé ? — Si le canal rachidien était constitué à la manière de la cavité cranienne, le mouvement du liquide vers le crâne serait impossible ; mais, dans la région du rachis, les trous de conjugaison, remplis de tissu cellulo-graisseux, se comportent comme la fontanelle du nouveau-né, comme l'extrémité du tube fermé par une membrane souple, ainsi que nous l'avons vu plus haut dans l'expérience de Richet. Au moment où le vide se fait dans le crâne, et dans le rachis en même temps, le liquide céphalo-rachidien remplit le vide cranien ; le vide rachidien, qui se produit surtout entre la dure-mère et les parois osseuses, est comblé par les parties molles (tissu cellulo-graisseux remplissant les trous de conjugaison) tendant à rentrer, à faire hernie, dans la cavité du canal rachidien.

Conclusion. — La cavité céphalo-rachidienne devient plus petite au moment de l'inspiration, à cause de la diminution de volume des veines. C'est le tissu cellulo-graisseux des trous de conjugaison qui remplit le vide produit. Comme ces trous n'existent pas au crâne, le liquide céphalo-rachidien du rachis rer[illegible] le vide cranien.

Au moment de l'expiration, des phénomènes inverses se montrent. L'aspiration du sang veineux vers le cœur ne se faisant plus sentir à cet instant, il en résulte une légère distension des veines voisines du thorax, et, par conséquent, des veines intra-craniennes et intra-rachidiennes. Le sang s'accumule dans ces vaisseaux, qu'il dilate, de sorte que le contenu de la cavité céphalo-rachidienne se trouve augmenté.

Dans le crâne, les parois étant inextensibles, et de véritables soupapes comme celles des trous de conjugaison du rachis faisant défaut, il en résulte que le trop-plein, produit par la réplétion des sinus et des veines intra-craniennes, c'est-à-dire *le liquide céphalo-rachidien, se porte vers le canal rachidien, véritable tube de dégagement.*

Dans le canal rachidien, on le devine, les veines intra-rachidiennes se dilatent également et compriment le liquide céphalo-rachidien de dehors en dedans, à travers les parois de la dure-mère. Ce liquide, refoulé par toute sa surface, ne peut se porter vers le crâne, puisque le liquide cranien pénètre en partie dans le rachis. *Au niveau de chaque trou de conjugaison, il refoule les parties molles qui le recouvrent, il tend à faire issue par toutes ces ouvertures.*

Les trous de conjugaison font donc l'office de véritables soupapes, au moyen desquelles la cavité céphalo-rachidienne peut augmenter ou diminuer de capacité :

1° *Pendant l'inspiration, le contenu de cette cavité diminuant par suite de la réduction de calibre des veines, les parties molles (soupapes), qui recouvrent le liquide au niveau des trous de conjugaison, se dépriment vers le canal rachidien et remplissent le vide.*

2° *Pendant l'expiration, le contenu de la cavité augmentant par suite de la réplétion des veines, les parties molles (soupapes) sont soulevées au niveau des trous de conjugaison et repoussées à l'extérieur.*

C'est donc au chirurgien Richet qu'on doit d'avoir décrit d'une manière précise les mouvements du liquide céphalo-rachidien. Seulement, Richet commet une légère erreur de physiologie, lorsqu'il dit : « Dans le rachis, au contraire, les plexus veineux intra-rachidiens sont presque étrangers à la circulation spinale, et subissent toutes les variations que présente le sang en retour dans les veines abdominales, et principalement dans la veine azygos, où ils se jettent. Il en résulte que si, dans le crâne, l'expiration, par le reflux des veines jugulaires, retarde et même arrête momentanément la circulation en retour, et si l'inspiration l'accélère, *au rachis c'est tout l'opposé qu'on observe :* l'inspiration,

alors que le diaphragme s'abaisse et refoule les viscères abdominaux, faisant pénétrer dans les plexus rachidiens une plus grande quantité de sang, tandis que l'expiration qui vide le système veineux abdominal, en facilite la déplétion. »

Comment le diaphragme, en s'abaissant, comprimerait-il suffisamment les viscères et les veines des parois abdominales pour faire refluer le sang vers le rachis ? Il faudrait admettre également que les viscères compriment la veine cave inférieure, et que toutes les veines sous-diaphragmatiques se remplissent pendant l'inspiration, pour se vider pendant l'expiration. On sait le contraire.

Tous les physiologistes admettent que l'inspiration accélère le cours du sang veineux ; voici que, pour Richet, l'inspiration accélère le cours du sang veineux cranien, et retarde celui du sang veineux rachidien.

Si la théorie de Richet était exacte, qu'arriverait-il ? L'inspiration tendrait à vider la veine azygos qui se trouve dans le thorax, et la même inspiration ferait refluer le sang dans les veines abdominales qui se jettent dans l'azygos, de telle sorte que la même veine se viderait dans l'une de ses parties, se remplirait dans l'autre ! Ce serait là une contradiction physiologique.

SECTION TROISIÈME

TISSUS AYANT POUR ORIGINE LE MÉSODERME OU FEUILLET MOYEN DU BLASTODERME

L'*ectoderme* produisant le système nerveux en entier, la partie essentielle des organes des sens, l'épiderme et ses dépendances (ongles, poils et glandes de la peau), l'*endoderme* donnant naissance à l'épithélium intestinal, depuis le stomodœum jusqu'au proctodœum, et à ses diverticules (épithélium des glandes intestinales, du foie, du pancréas, de la vessie et des voies respiratoires), tous les autres tissus sont fournis par le *mésoderme :* tissus conjonctif, cartilagineux, osseux, musculaire, etc. On nomme ces tissus, d'après Reichert (1845) et Virchow (1851) *tissus de la substance conjonctive.* Le mésoderme produit aussi les vaisseaux de la circulation et les liquides qui y sont contenus.

Les séreuses viennent également du mésoderme, mais pour des raisons données plus haut, je les ai placées après l'épithélium et les glandes.

Je décrirai ces tissus dans l'ordre suivant : 1° vaisseaux sanguins et lymphatiques, sang et lymphe ; 2° tissus de substance conjonctive (tissus conjonctif, cartilagineux, osseux) ; 3° tissu musculaire.

CHAPITRE PREMIER

VAISSEAUX SANGUINS

Les vaisseaux sanguins naissent, dans les premières stades embryonnaires, à la face profonde de l'endoderme, contre le mésoderme. La couche épithéliale se forme d'abord, les autres tuniques se constituent ensuite par modification des cellules mésenchymateuses du mésoderme.

Les vaisseaux sanguins sont des conduits à parois molles formant avec le cœur le *système* ou *appareil circulatoire.* Le sang

circule dans cet appareil en vertu de la force contractile du cœur, des artères et des veines. L'appareil circulatoire est clos de toute part. Le sang, parti du cœur, passe successivement dans les artères, dans les capillaires et dans les veines, qui le rapportent au cœur après qu'il a été mêlé à la lymphe.

On trouvera la description du cœur, des artères et des veines dans le deuxième volume.

Nous traiterons ici des artères en général, des veines en général, et des capillaires, qui ne sauraient trouver place ailleurs.

ARTICLE PREMIER

ARTÈRE

Les artères sont des tubes élastiques et contractiles partant du cœur sous forme de gros tubes (artère aorte et artère pulmonaire), et se ramifiant à l'infini comme les branches d'un arbre jusqu'aux capillaires, invisibles à l'œil nu, avec lesquels ils se continuent insensiblement.

L'*artère pulmonaire*, partie du ventricule droit, se ramifie dans le poumon (artère de la petite circulation).

L'*artère aorte* (artère de la grande circulation) part du ventricule gauche et se porte dans tous les organes, y compris les parois du cœur elles-mêmes, mais non dans le poumon.

Les artères sont des tubes toujours cylindriques, qui conservent leur forme, même après la mort, à cause de l'élasticité de leur paroi. Si on les coupe, elle restent *béantes* comme des tubes de caoutchouc.

Le *calibre* des artères diminue insensiblement et présente une grande régularité. Depuis les orifices du cœur, où se trouvent les valvules sigmoïdes, jusqu'aux capillaires, on ne rencontre aucune valvule.

Leur *couleur* est jaune, lorsqu'on les examine du côté de leur surface interne, ou sur la tranche d'une coupe. Vues extérieurement elles sont d'un blanc grisâtre ; les petites sont un peu rosées parce qu'elles renferment une grande quantité de fibres musculaires. Les artérioles sont rouges et à peu près complètement musculaires.

Le *trajet* des grosses artères est direct ; elles sont le plus souvent rectilignes, mais à mesure qu'on se rapproche des petites artères, on voit des flexuosités plus ou moins prononcées se montrer sur leur trajet, aux artères de la tête par exemple.

Les *rapports* de ces vaisseaux sont très variés. Les artères en contact avec les *os* y déterminent des dépressions, des gouttières,

exemple : gouttière radiale de l'humérus, dépression sur le maxillaire inférieur par l'artère faciale ; au niveau des *articulations*, elles s'abritent du côté de la flexion (art. scapulo-humérale, coude, coxo-fémorale, genou, etc.) ; lorsqu'elles traversent un *muscle*, l'ouverture de celui-ci est presque toujours garnie d'un anneau fibreux qui protège l'artère contre une contraction trop forte du muscle, comme on le voit pour l'aorte qui traverse le diaphragme, la fémorale qui perfore le troisième adducteur, et la poplitée, au niveau du soléaire.

Les artères glissent ordinairement dans les interstices musculaires : elles côtoient ou elles croisent des muscles qui guident le chirurgien dans la recherche des vaisseaux, et qu'on nomme pour cette raison *muscles satellites ;* exemples : le sterno-cléido-mastoïdien est satellite de la carotide primitive, le biceps de l'humérale, le long supinateur de la radiale, le couturier de la fémorale, le jambier antérieur de la tibiale antérieure, le pédieux de la pédieuse.

Les artères sont profondes, ou sous-aponévrotiques ; quelques-unes font exception, exemples : celles des doigts, des orteils, du cuir chevelu, de la face, et l'artère sous-cutanée abdominale.

Les artères sont, à peu près constamment, accompagnées par des *veines* (1). Si l'artère est volumineuse, il existe une seule veine,

(1) Il résulte de ce rapport qu'une plaie pénétrante peut intéresser en même temps une veine et une artère, comme cela est arrivé parfois après la saignée au coude. Voici ce qui peut se passer :

Dans les cas les plus simples, il peut arriver deux choses : ou bien la plaie faite aux deux vaisseaux détermine une simple communication de la cavité de la veine avec celle de l'artère ; dans ce cas, la lésion porte plus spécialement le nom de *varice anévrysmale*.

Dans d'autres cas, après la blessure, il s'épanche une certaine quantité de sang entre l'artère et la veine ; le tissu conjonctif est refoulé et constitue une paroi à cette collection sanguine, qui forme une sorte de petit *anévrysme faux primitif*. Dans ce cas, la tumeur anévrysmale existant entre la veine et l'artère, on donne plus spécialement à la lésion le nom d'*anévrysme artérioso-veineux*.

Dans tous les cas, le sang de l'artère passe *sans cesse* dans la veine en vertu de la tension sanguine, beaucoup plus considérable dans l'artère.

Entre deux contractions du cœur, la tension artérielle est encore assez forte pour empêcher l'accès du sang veineux dans l'artère.

Le sang veineux est gêné dans sa circulation, et il rencontre au niveau de la lésion, un courant qui vient en sens inverse et qui contrarie son cours. Ceci explique la dilatation variqueuse, quelquefois considérable, des veines, que l'on observe au-dessous de la lésion.

Le passage du sang artériel dans la veine détermine la vibration des bords de l'ouverture, et cette vibration se traduit par un frémissement qui se propage aux parois des vaisseaux dans une certaine étendue, et souvent par un bruit particulier pouvant être entendu à une grande distance et que les malades comparent ordinairement au bourdonnement d'une guêpe. Ce bruis-

qui se trouve ordinairement plus superficielle. Les artères plus petites ont deux veines satellites, et elles sont placées entre les deux. Il y a deux exceptions à cette règle : dans le cordon ombilical, au lieu de voir deux veines accompagner une artère, on aperçoit deux artères qui accompagnent une veine ; il en est de même pour la veine et les artères coronaires du cœur. On observe deux veines pour une artère, dans les membres, au-dessous de la poplitée et de l'axillaire. Dans la plupart des artères de la tête, on ne trouve qu'une veine pour chaque artère. Au niveau du tronc, les artères intercostales et lombaires ne sont accompagnées que

sement, *frémissement vibratoire* ou *susurrus*, qui présente une recrudescence coïncidant avec la contraction ventriculaire, est produit par l'entrée du sang dans la veine.

Lorsqu'il existe une tumeur, elle est réductible par la pression.

La compression de l'artère au-dessus de la tumeur fait disparaître tous les symptômes qui augmentent lorsqu'on comprime au-dessous.

Les pulsations se prolongent dans les troncs veineux dilatés, au-dessous et au-dessus de la lésion, dans une étendue de 5 à 6 centimètres.

Dans le cas d'*anévrysme artérioso-veineux*, la tumeur peut se montrer sur l'artère ou sur la veine, comme le montrent les deux figures ci-contre.



Fig. 622. — Anévrysme artérioso-veineux du pli du coude. La tumeur *a* est intermédiaire à l'artère et à la veine.



Fig. 623. — Anévrysme artérioso-veineux dans lequel la tumeur s'est développée sur l'artère. Anévrysme faux consécutif, compliquant une varice anévrysmale (ou anévrysme de Rodrigues).



Fig. 624. — Anévrysme artérioso-veineux dans lequel la tumeur s'est développée sur la veine. Le sac est formé par le tissu conjonctif du voisinage (anévrysme d'A. Bérard).

par une veine, tandis que l'épigastrique et la mammaire interne, de même que toutes les branches collatérales des artères du bassin et de la sous-clavière, ont deux veines satellites.

Les artères sont accompagnées aussi par des *vaisseaux lymphatiques* profonds, qui rampent sur leur paroi.

On voit souvent des *nerfs* accompagner ces vaisseaux, et l'on trouve dans beaucoup de régions un faisceau vasculo-nerveux entouré d'une gaine celluleuse, et constitué par une artère, une veine et un nerf (carotide primitive, jugulaire interne et pneumogastrique), (artère humérale, veine humérale, nerf médian), (artère fémorale, veine fémorale, nerf saphène interne), (artère poplitée, veine poplitée, nerf sciatique poplité interne), etc.

Du *tissu conjonctif* entoure les artères et adhère à leur gaine ; on voit quelquefois chez les vieillards une vraie *séreuse artérielle*, analogue aux séreuses tendineuses, se développer autour de l'artère par suite de la fréquence de ses mouvements. Cette particularité s'observe surtout à la carotide primitive.

Les *branches* qui naissent des artères sont collatérales ou terminales. Les *branches collatérales* forment, à leur point de départ, un angle aigu, rarement droit, avec le tronc de l'artère. A l'angle de séparation de ces vaisseaux, on observe du côté de la cavité une arête en forme de croissant, dont la concavité regarde le cœur, et qu'on appelle *éperon*. Aux extrémités des *branches terminales* et collatérales, ces vaisseaux s'envoient réciproquement de petites branches de communication qui forment des *anastomoses*.

Selon la manière dont se fait cette fusion, on lui donne les noms d'anastomose par inosculation, par convergence ou angulaire, et par communication transversale. Les exemples les plus apparents sont : les deux artères côliques supérieures, droite et gauche, qui s'anastomosent *par inosculation*, au niveau du côlon transverse ; les deux artères vertébrales, qui se réunissent par *anastomose angulaire* sur la gouttière basilaire de l'occipital, et les artères cérébrales antérieures, qui s'anastomosent par *communication transversale*.

§ 1. — STRUCTURE ET PROPRIÉTÉS DES TUNIQUES ARTÉRIELLES

Les artères, vaisseaux élastiques et contractiles, qui portent le sang du cœur aux capillaires, sont des tubes d'une structure complexe et d'un intérêt capital. L'exposition de ce sujet est difficile.

Les artères possèdent trois tuniques : 1° une tunique externe ; 2° une tunique moyenne ; 3° une tunique interne [illegible]es couches artérielles possède une structure par[illegible] propriétés physiologiques spéciales ; c'est[illegible]

der avec ordre, nous étudierons séparément chaque tunique. Nous terminerons cette description anatomique par l'étude des vaisseaux et des nerfs des artères.

1° Tunique externe.

a. Propriétés physiques et physiologiques. — La tunique externe des artères, *tunique adventice*, forme une couche continue sur toute l'étendue du système artériel. Elle est *résistante* et ne partage pas la friabilité des tuniques moyenne et interne, qui se laissent rompre par un fil à ligature, tandis que la tunique externe résiste. En raison de sa structure et de sa séparation possible de la tunique moyenne, elle *se laisse distendre* par le sang artériel pour former le sac de la plupart des anévrysmes.

La résistance, la ténacité et la possibilité d'une grande distension sont importantes à connaître pour comprendre la manière dont se comportent les artères dans les plaies par arrachement, dans la ligature, dans l'action des instruments écraseurs.

Les *plaies par arrachement* s'observent fréquemment sur des ouvriers qui ont un membre ou une partie de membre arrachée.



Fig. 625. — Figure schématique montrant les trois tuniques d'une artère.

1, coupe de l'artère. — 2, 2, tunique externe. — 3, 3, tunique moyenne. — 4, 4, tunique interne.

Il est curieux de n'observer aucun écoulement sanguin. Dans ces cas, au moment de la traction, les tuniques moyenne et interne, friables, se sont rompues avant la tunique externe. Celle-ci, résistante et extensible, s'allonge au niveau de la rupture et s'étire en s'amincissant, au point d'obturer l'artère, sur l'orifice de laquelle elle forme un véritable bouchon. La tunique externe se comporte, en ce cas, comme un tube de verre qu'on effile à la lampe.

Lorsque le chirurgien fait une *ligature* pour arrêter une hémorragie artérielle, pour guérir un anévrysme, etc., il serre le nœud avec force. La *tunique externe*, qui est très résistante, *ne se laisse point diviser*, tandis que les deux autres, qui sont friables et élastiques, sont rompues et se rétractent vers le centre du vaisseau. Il se forme au niveau de la surface de section un caillot obtura-

teur; et, au bout de quelque temps, une cicatrice ferme définitivement la lumière du vaisseau (fig. 626).

L'*écraseur linéaire*, instrument admirable, inventé par Chassaignac, faisait fureur il y a vingt-cinq ans. On ne sait pas pourquoi cet instrument est presque abandonné de nos jours.

Les avantages de l'*écraseur linéaire* et des divers *serre-nœuds*, qui broient sans couper, et qui permettent d'enlever des tumeurs volumineuses sans hémorragie, s'expliquent de la même manière. Au moment où la chaine de l'instrument, de plus en plus tendue, broie l'artère, les tuniques interne et moyenne sont divisées instantanément, en raison de leur friabilité, tandis que la tunique externe, plus résistante, *ne se laisse diviser qu'un peu plus tard* par une trituration de sa paroi qui obture l'orifice du vaisseau. Dans certains cas cependant, l'orifice produit par l'écraseur sur la continuité du vaisseau se ferme mal, le caillot obturateur se détache et l'on voit se produire, au bout de quelques heures, des hémorragies qui peuvent être mortelles si l'on n'y remédie immédiatement. On dit alors qu'il y a *hémorrhagie secondaire*.

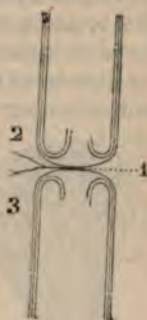


Fig. 626. — Schéma montrant l'action du fil à ligature sur l'artère.

1, fil qui brise les tuniques moyenne et interne. — 2, 3, la tunique externe résiste.

Sur les *grosses artères*, *l'épaisseur* de la tunique externe n'atteint pas 100 μ, puis elle augmente à mesure que les artères diminuent de volume; sur celles de *moyen* calibre : fémorale, poplitée, tibiale, humérale, radiale, etc., elle devient plus épaisse que la tunique moyennne et atteint 100 à 350 μ. On voit la tunique externe diminuer de nouveau sur les *petites artères*, et s'amincir insensiblement jusqu'à sa disparition complète, tout en conservant une épaisseur relative un peu supérieure à celle de la tunique moyenne.

b. Structure de la tunique externe. — La tunique externe contient du tissu conjonctif et des fibres élastiques.

Le tissu conjonctif est représenté par des faisceaux denses, résistants, anastomosés dans tous les sens, ce qui explique la résistance toute particulière de cette couche. Quant aux fibres élastiques, elles occupent plutôt la face profonde de la tunique externe; mais leur disposition varie suivant le calibre du vaisseau et suivant qu'il est plus ou moins éloigné du cœur.

1° Dans les *grosses artères*, les fibres élastiques forment, à la partie profonde de la tunique, une véritable couche élastique que

l'on désigne par le nom de *lame élastique externe*. Cette lame envoie par sa face superficielle quelques fibres élastiques dans la couche conjonctive qui la recouvre, tandis que, par sa face profonde, elle entre directement en rapport avec la tunique moyenne. On peut dire, en somme, que dans ces artères la tunique externe se décompose en deux couches : une *couche conjonctive externe* et une *couche élastique interne*.

2° Sur les *artères de moyen calibre*, ces deux couches sont déjà moins nettes.

On remarque cependant que les faisceaux conjonctifs superficiels sont surtout longitudinaux, tandis que les fibres élastiques sont disposées en réseau dans les couches superficielles, et longitudinalement dans les parties profondes.



Fig. 627. — Tronçon d'artère avec ses trois tuniques.

La lame élastique externe persiste cependant ; mais elle devient de moins en moins évidente à mesure que les dimensions de l'artère diminuent ; si bien que sur les *petites artères* les éléments élastique et conjonctif s'entremêlent irrégulièrement, mais il y a prédominance de tissu conjonctif. On voit alors la tunique externe s'affaiblir progressivement, de sorte que, sur les *artérioles*, on ne peut plus la décrire comme une couche distincte. A ce niveau, en effet, les fibres conjonctives s'entremêlent avec les fibres musculaires de la tunique moyenne ; il n'existe plus alors le moindre élément élastique.

c. *Limites*. — La tunique externe prend naissance au niveau des zones fibreuses des orifices artériels de la base du cœur, et revêt l'origine de l'aorte et de l'artère pulmonaire. Après un court trajet de 3 centimètres environ, elle est renforcée par le sac fibreux du péricarde, qui se confond avec elle. Elle se continue ensuite sur toutes les artères jusqu'à ce qu'elle soit transformée en une couche amorphe qui se *termine* elle-même sur les artérioles mesurant 15 μ.

Sur des préparations de vaisseaux traités par les sels d'argent, et colorés ensuite par le picro-carminate d'ammoniaque, on constate la continuité de la couche endothéliale du capillaire avec celle de l'artère. Au moment où l'artériole commence, on voit apparaître des lignes noires transversales, ou un peu obliques, indiquant le *ciment* qui unit les fibres musculaires, indice d'une couche surajoutée à l'endothélium capillaire.

2° Tunique moyenne.

a. Propriétés physiques et physiologiques. — La tunique moyenne offre une grande épaisseur dans les artères volumineuses. Elle est jaune dans les grosses artères, de même que les ligaments jaunes des vertèbres, formés, comme elle, de tissu élastique. A mesure qu'on se rapproche des petites artères, la couleur jaune diminue pour passer au rose, puis au rouge, changement de coloration dû à la diminution des fibres élastiques et à la présence de plus en plus considérable des fibres musculaires. C'est la tunique moyenne qui donne aux artères leur couleur. On l'aperçoit par transparence à travers la tunique externe ce qui explique pourquoi les artères des membres, et surtout les petites artères, de couleur rosée ou rougeâtre, seraient si facilement prises pour des veines, si l'on n'était pas guidé par les rapports anatomiques.

A la face interne de la tunique moyenne, il existe une lame mince et faisant défaut par place, elle a reçu le nom de *limitante élastique interne*. Vialleton, qui a bien décrit cette couche, fait observer que dans les points où cette limitante fait défaut l'endartère est en contact direct avec la couche musculaire.

Elle est *élastique* et *contractile*. L'*élasticité*, plus marquée dans les grosses artères, joue un grand rôle dans la circulation artérielle; elle permet aux artères de se dilater pour admettre l'ondée sanguine venue du ventricule, et de revenir sur elles-mêmes pour concourir à chasser le sang vers les capillaires. La *contractilité* se montre surtout sur les artères de petit calibre, où l'élément contractile est très développé; elle est plus en rapport avec les circulations locales qu'avec la circulation artérielle générale; elle est en rapport intime avec les nerfs vaso-moteurs, qui se terminent dans cette membrane pourvue de fibres musculaires.

Etant *élastiques*, les artères, dilatées par le sang, sont constamment tendues *comme un ressort*. La pression exercée par le sang sur les parois artérielles constitue la *tension artérielle*. A chaque contraction du cœur, l'artère, toujours pleine, se dilate pour recevoir l'ondée sanguine et la tension artérielle augmente. Cette dilatation, se montrant dans toutes les artères en même temps, donne le *pouls*, sensible au doigt sur les artères d'un certain volume.

La *contractilité* des artères (1), manifeste surtout sur les petites,

(1) Verschui, 1776, est le premier qui ait constaté la contraction des petites artères (grattage des artères avec la pointe d'un scalpel); Warthon Jones, J. Paget, Vulpian ont répété cette expérience. Lorsqu'on touche les artères, dans les expériences sur les animaux, on constate leur contraction (carotide

exerce une pression de dehors en dedans, et lutte contre la tension sanguine, ce qui fait que les intermittences du pouls diminuent à mesure qu'on se rapproche des capillaires. La contractilité artérielle régularise donc le cours du sang artériel.

La tension artérielle est plus forte qu'on ne serait tenté de le supposer. On la mesure avec l'*hémodynamomètre*. Un point donné d'une grosse artère reçoit une pression égale à une colonne de mercure de 15 centimètres de hauteur. On évalue à 1 kilog. 75 gr., la tension sanguine des valvules sigmoïdes de l'aorte, autrement dit, la pression exercée par le sang sur ces replis membraneux.

La contractilité des artères, des petites surtout, est mise en jeu par le froid. A la surface d'une plaie d'amputation l'hémorragie des petites artères est arrêtée par l'action de l'air et de l'eau froide projetée sur la plaie. La pâleur des mains, lorsqu'on les lave à l'eau très froide, est due à la contraction des artères. L'application de la glace produit le même phénomène. La contractilité artérielle se manifeste au moment de la mort en chassant le sang vers les veines. Voilà pourquoi les artères du cadavre sont vides de sang.

La *résistance* de la tunique moyenne est également considérable ; les trois tuniques réunies forment un tube élastique dont la résistance fait équilibre à la tension du sang artériel qui dilate sans cesse les artères.

C'est surtout la tunique moyenne qui donne aux artères leur résistance ; en effet, dès qu'une lésion fait perdre à un point de la tunique moyenne son élasticité, on voit le sang soulever ce point de l'artère, y former une saillie, et distendre la tunique externe, ce qui constituera plus tard un *anévrysme;* la tension sanguine a triomphé de la résistance de l'artère en ce point.

La tunique moyenne est *friable*, elle se brise sous le fil à ligature qui serre l'artère (fig. 626) ; au moment où elle se brise ainsi, son élasticité détermine le renversement du bout sectionné, à l'intérieur du vaisseau.

Lorsqu'on exerce une violente traction sur une artère, la tunique moyenne se déchire *toujours circulairement*, en raison de la disposition circulaire des éléments qui la constituent, comme dans les plaies par arrachement ; après la rupture de la

dans la section du grand sympathique, artères mésentériques dans la recherche des nerfs mésentériques (Arm. Moreau). Kölliker a vu, sur la jambe d'un amputé, la contraction des artères et des veines, au moyen de courants d'induction, 1849.

Divers auteurs ont constaté des contractions rythmiques dans quelques artères (artère médiane de l'oreille du lapin) Schifft 1834 (artères aphène du lapin), Lovén 1866 (membrane interdigitale de la grenouille), Warthon Jones.

tunique moyenne et de la tunique interne, la tunique externe résiste encore.

Les instruments qui remplacent si avantageusement le bistouri en chirurgie : écraseur linéaire, serre-nœud, etc., ont été construits d'après la connaissance que les inventeurs avaient de la friabilité de la tunique moyenne.

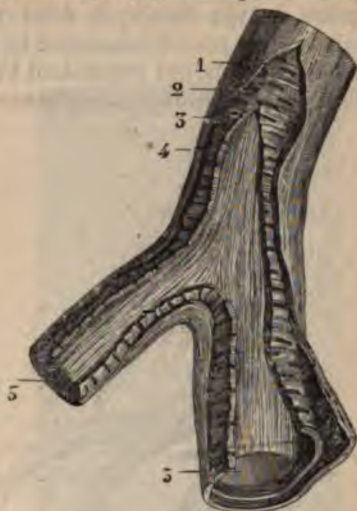


Fig. 628. — Les trois tuniques d'une artère.

L'épaisseur de la tunique moyenne diminue assez régulièrement des grosses artères vers les petites. Sur les plus volumineuses, elle forme les trois quarts de l'épaisseur de la paroi artérielle, elle est beaucoup plus épaisse que les tuniques interne et externe réunies. Au niveau des artères de moyen calibre, elle est d'une épaisseur à peu près égale à celle de la tunique externe, 100 à 300 μ ; puis elle s'amincit sensiblement jusqu'aux petites artères, où elle ne dépasse guère 50 μ.



Fig. 629. — Lame élastique fenêtrée de la tunique moyenne des artères (Grossissement, 350).

b. Structure de la tunique moyenne. — Les artères sont plus ou moins contractiles, suivant qu'elles sont plus ou moins éloignées du cœur : cela tient à une modification dans la structure de leur tunique moyenne.

D'une manière générale la tunique moyenne renferme des fibres musculaires circulaires et des éléments élastiques. Ces divers éléments ne sont pas répartis partout sur la même régularité.

Se basant sur ces caractères anatomiques, les auteurs ont admis trois variétés d'artères : 1° les *artères à type élastique* ; 2° les *artères à type musculaire*, 3° les *artérioles.*

1° *Artères à type élastique* (aorte, carotides, tronc de l'artère pulmonaire). Leur tunique moyenne est décomposable en une série de couches élastiques successives ; cette disposition est surtout nette dans l'aorte

l'adulte. Après avoir fait macérer pendant quelques heures une artère à type élastique dans une solution d'acide tartrique à 1 p. 100, on peut décomposer la tunique moyenne de l'aorte en 40 lames environ, qui présentent l'aspect suivant. Elles sont formées de fibres élastiques, anastomosées entre elles transversalement, de manière à former des lames planes, sur lesquelles on observe de nombreux orifices circulaires ou légèrement elliptiques. Des fibres se détachent des deux faces de chaque lame pour l'unir aux lames voisines. On a désigné ces lames par le nom de *reticulum élastique fenêtré* (fig. 629). Les détails histologiques que je viens de donner prouvent que ces artères méritent bien le nom d'*artères élastiques*.

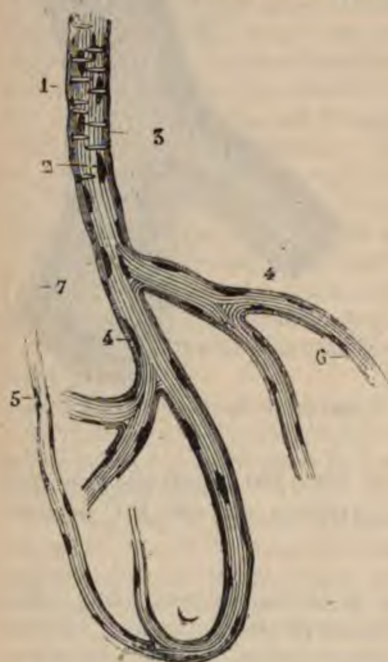


Fig. 630. — Continuité du réseau capillaire avec les artérioles. On voit en haut l'apparition des premières fibres musculaires, 1, et en bas les noyaux des cellules endothéliales 2, 3, 4, 5. Les divers chiffres indiquent des capillaires. La pièce n'a pas été traitée par le nitrate d'argent.

2° *Artères à type musculaire* (humérale, radiale, etc.). Les artères à type musculaire présentent dans leur tunique moyenne une prédominance très marquée de fibres lisses (1). Sur une coupe, en effet, cette tunique semble être exclusivement constituée par des fibres-cellules nombreuses, disposées circulairement, réunies par groupe et séparées les unes des autres par des fibres conjonctives. Les fibres élastiques sont intimement mélangées aux fibres musculaires, et on les rencontre d'autant moins abondantes que le vaisseau a un calibre plus petit et qu'il est plus éloigné du cœur.

3° *Artérioles*. — Dans les artérioles intermédiaires aux dernières ramifications artérielles et aux capillaires, la tunique moyenne ne contient plus d'éléments élastiques, on y trouve seulement des

(1) Les fibres musculaires des artères ont été découvertes par Henle en 1833.

fibres-cellules réunies bout à bout et s'enroulant en hélice pour permettre la contraction du vaisseau dans le sens transversal et dans le sens longitudinal. Ces fibres forment de vrais anneaux musculaires.

c. Limites. — La tunique moyenne *commence* aux zones fibreuses artérielles du cœur, avec lesquelles les membranes élastiques contractent des adhérences. Cette tunique, élastique d'abord, élastique et musculeuse ensuite, musculeuse seulement plus tard, au niveau des petites artères, diminue graduellement d'épaisseur et passe insensiblement du jaune au rose, puis au rouge, jusque sur les artérioles mesurant de 15 à 20 μ. Elle *cesse* à ce niveau en même temps que la tunique externe et, au moment où elle s'arrête, on voit encore quelques fibres musculaires, très petites, éparses çà et là sur la paroi de ce qui va être le capillaire.

La tunique moyenne adhère à l'externe par les vasa vasorum qui n'existent que dans sa couche la plus superficielle; aucune substance n'est interposée aux deux tuniques. Elle est intimement unie à la tunique interne, dont elle ne peut être facilement séparée.



Fig. 631. — Coupe d'un fragment de l'artère carotide primitive (homme).

1. tunique interne. — 2 à 6, tunique moyenne. — 3, coupe d'une fibre musculaire transversale. — 4, même coupe au niveau du noyau de la fibre. — 5, fibres élastiques en réseau. — 7, tunique externe avec son tissu conjonctif et son réseau de fibres élastiques (Grossissement, 400).

3° Tunique interne

a. Propriétés physiques et physiologiques. — La tunique interne, *tunique commune du système vasculaire à sang rouge* de Bichat, *tunique séreuse* de quelques auteurs, *tunica intima* (Leydig), de couleur blanchâtre, est la plus mince des trois tuniques artérielles. Adhérente à la tunique moyenne, elle en présente les propriétés; elle est friable comme elle et se brise sous le fil à ligature : elle se déchire toutes les fois que la tunique moyenne se déchire; comme

la tunique moyenne, elle est élastique, et elle complète, pour ainsi dire, les propriétés de résistance et d'élasticité de cette tunique. Elle mesure 2 μ seulement sur les petites artères, elle peut en acquérir 60 à 100 sur les artères de moyen calibre, et augmenter encore un peu sur les grosses. Au niveau des petites artères, elle est plissée, sur le cadavre, dans le sens longitudinal et quelquefois aussi transversalement.

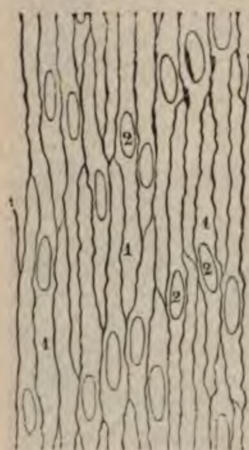


Fig. 632. — Endothélium d'une artère d'un certain volume, du mésentère de la grenouille, rendu visible par le nitrate d'argent (Gross. de 350 diamètres) (Kölliker).

1, cellules. — 2, noyau.

b. Structure de la tunique interne. — La tunique interne, complètement dépourvue de vaisseaux, ne renferme ni éléments musculaires ni tissu conjonctif; elle est composée de deux éléments parfaitement distincts et formant deux couches : l'*endothélium*, décrit en 1833 par Henle, et une *membrane conjonctivo-élastique*.

L'*endothélium* est le même dans tout le système artériel. Il est formé de cellules régulièrement losangiques, aplaties, munies, au centre, d'un noyau ovalaire. Ces cellules, dont les bords sont soudés par le ciment intercellulaire, sont séparées du tissu élastique, qu'elles recouvrent, par une *membrane vitrée* (basement membrane de Todd et Bowman). L'endothélium joue vis-à-vis de l'artère un rôle exclusivement protecteur; il permet l'écoulement régulier et constant du courant sanguin. La surface interne est régulière et parfaitement lisse.

Les cellules endothéliales des artères se reproduisent par *division directe* chez l'embryon (Renaut), et par *division indirecte*, en dehors de la période embyonnaire (Ranvier).

La couche endothéliale est doublée, à sa face profonde, par une mince couche transparente, véritable *menbrane vitrée*.

La *membrane conjonctivo-élastique* sous-endothéliale est composée de deux couches; l'une *externe*, confondue avec la tunique moyenne, est appelée *couche striée*, formée d'un réseau de fibres élastiques longitudinales entremêlées à des faisceaux de fibres conjonctives avec cellules fixes rameuses; l'autre *interne*, bien étudiée par Vialleton, formée de tissu conjonctif embryonnaire,

ou tissu muqueux, avec cellules anastomosées et substance intercellulaire transparente. Cette couche, d'apparition tardive, n'existe ni chez le fœtus ni chez l'enfant (Vialleton). On nomme cette couche *endartère*.



Fig. 633. — Épithélium de l'artère crurale, vu à un grossissement de 320 diamètres, d'après Virchow.



Fig. 634. — Cellules épithéliales isolées de l'intérieur des vaisseaux (grossissement de 350 diamètres). La cellule du milieu vient d'une artère; les deux autres, plus courtes, sont extraites d'une veine.



Fig. 635. — Section transversale de l'aorte.

1, tunique interne avec son revêtement endothélial. — 2, union de la tunique interne et de la tunique moyenne. — 3, 3, tunique moyenne avec ses lames élastiques, le tissu conjonctif et les fibres musculaires; les lignes foncées indiquent les lames élastiques. — 4, tissu conjonctif de la tunique externe.

c. Limites. — La couche endothéliale fait suite à celle de l'endocarde, du côté du cœur; elle se continue, du côté opposé, avec les vaisseaux capillaires, dont elle forme la paroi. Elle est en contact avec le sang en dedans, et elle adhère par sa face externe à la couche élastique. Celle-ci, très adhérente à la tunique moyenne, semble faire suite aux éléments élastiques de la couche sous-endothéliale de l'endocarde. Du côté opposé, elle s'amincit extrêmement sur les petites artères de 100 μ environ, et on n'en trouve plus trace sur les artérioles de 50 à 60 μ.

4° Vitalité des artères.

Les parois artérielles renferment des *vaisseaux nourriciers* appelés *vasa vasorum*, et elles reçoivent des *nerfs*.

Les *vasa vasorum*, fournis par les artères voisines, se répandent dans la tunique externe, et de là dans la couche superficielle de la tunique moyenne; ils forment, dans la tunique externe, un réseau à mailles, pour la plupart arrondies, comme dans le tissu conjonctif; dans la tunique moyenne, ils donnent naissance à un réseau à mailles allongées dans le sens transversal et à très petits

vaisseaux. Quant à la tunique interne et aux couches profondes de la tunique moyenne, il est certain qu'elles sont complètement dépourvues de vaisseaux.

Les artères ayant un diamètre inférieur à 1 millimètre n'ont pas de *vasa vasorum*. Les petites artères n'en contiennent que dans la tunique externe; ce n'est que dans les artères de moyen calibre et dans les grosses artères que la tunique moyenne est vasculaire, mais dans sa couche externe seulement.

Des *cellules migratrices* se rencontrent dans l'épaisseur des parois artérielles. Elles sortent, par diapédèse, des vasa vasorum. On les trouve dans toutes les tuniques, jusque dans la couche muqueuse de la tunique interne. Ces cellules migratrices rampent à travers les ouvertures des lames élastiques. Il paraîtrait qu'elles jouent un rôle dans la production de l'endartérite chronique.

Les *nerfs vasculaires*, ou *vaso-moteurs* comme les appela Stilling pour la première fois, viennent du grand sympathique; ils accompagnent les vaisseaux, puis ils pénètrent dans leur épaisseur. Les artères les plus riches en nerfs sont incontestablement celles de l'abdomen, du bassin, du thorax et de la tête. Tous ces nerfs, à l'exception de quelques rares filets, sont dépourvus de myéline.

J'ajouterai à ce que j'ai dit de la terminaison des nerfs dans les artères (voy. *nerfs*) que Dogiel décrit des filets nerveux moteurs et sensitifs dans les artères. Ces derniers se termineraient dans les couches profondes par un *réseau sous-endothélial*.

Tonus vasculaire. — Les artères, et les veines à un moindre degré, sont d'une façon constante, dans un état de demi contraction, produit par la tonicité des fibres musculaires de ces vaisseaux, analogue à la *tonicité musculaire*. La demi contraction permanente des vaisseaux est une contraction réflexe dont le centre est dans la moelle et le bulbe rachidien.

Le *tonus vasculaire* est prouvé par la section des nerfs vaso-moteurs, par l'expérience de la section du grand sympathique au cou, suivie immédiatement de la dilatation des vaisseaux de la tête. Le tonus vasculaire étant détruit, les parois inertes des vaisseaux se laissent distendre par l'effort du sang en circulation (1).

(1) La contractilité des parois artérielles fut admise sans raison plausible par quelques anciens, Sénac, Haller; niée par Spallanzani, plus tard par Bichat, et plus récemment par Magendie. La contraction des artères fut démontrée *expérimentalement* par Dupuy (d'Alfort) en présence de Dupuytren, en 1816. Dupuy extirpa les ganglions cervicaux du sympathique, mais il ne s'aperçut que d'une partie des effets de cette extirpation. Breschet, expérimentant sur des chiens, observa que le grand sympathique *préside aux sécrétions et à la circulation capillaire*.

Les premières expériences concluantes de l'action du grand sympathique sur la circulation furent faites par Cl. Bernard en 1851 au Collège de France.

La description qui précède s'applique aux artères normales, en bonne santé, s'il est permis de s'exprimer ainsi.

Une artère est donc un tube ramifié extrêmement lisse à l'intérieur, régulièrement contractile et élastique, recevant de petits vaisseaux nourriciers, et innervé par les ramifications du grand sympathique.

Cette *vitalité* peut être compromise dans une foule de circonstances, et il est souvent difficile d'en rechercher la cause. On a beaucoup accusé l'alcool, et l'on dit, sans raison peut-être, qu'il *durcit*

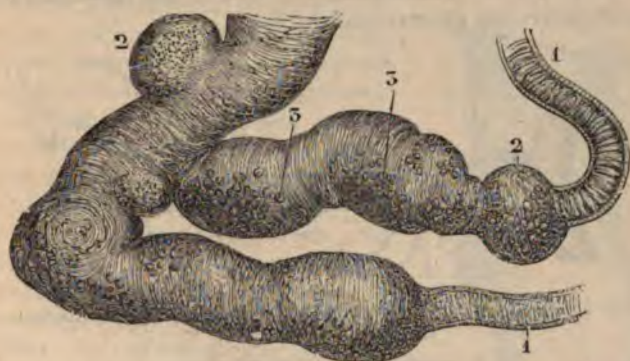


Fig. 636. — Formation des anévrysmes miliaires sur une artériole affectée de périartérite.

1, 1, artérioles. — 2, 2, premier degré des anévrysmes miliaires. — 3, 3, dilatation ampullaire de l'artériole (d'après Bouchard et Charcot).

les artères. Est-ce pour cela qu'on dit aussi : *on a l'âge de ses artères*. Il est certain qu'on a peu de chance de devenir très vieux quand le système artériel est endommagé.

L'*hémorragie cérébrale*, l'*apoplexie*, est fréquente. Elle est due à la rupture des vaisseaux de l'encéphale. Autrefois on accusait l'*athérome* de la tunique moyenne des artères. Bouchard et Charcot ont montré que la cause n'est pas l'athérome, mais bien l'*inflammation de la tunique externe*, en un mot la *périartérite*. Sous l'influence de l'inflammation, la tunique externe s'amincit, elle est moins résistante, et il se rencontre de petites dilatations sur les artères de petit calibre. Ces dilatations sont les *anévrysmes miliaires* de Bouchard et Charcot.

Ces anévrysmes étaient connus de Cruveilhier, Calmeil, etc. : mais aucun auteur n'avait songé, avant Bouchard et Charcot (1),

(1) Bouchard et Charcot. Nouvelles recherches sur la pathogénie de l'hémorragie cérébrale *Archiv. de physiol.*, t. I, 1868.

aux conséquences pathogéniques qu'on pouvait déduire de la présence de ces anévrysmes, qui se montrent *constamment* sur les artères des sujets morts d'hémorragie cérébrale.

Ces anévrysmes sont petits, depuis 200 μ jusqu'à 1 millimètre, et quelquefois un peu plus. Comme ils sont attachés aux vaisseaux, on peut les voir flottants sur les parois d'un foyer hémorragique qu'on a nettoyé avec précaution.

Bouchard et Charcot ont constaté que les anévrysmes miliaires sont le résultat de la *périartérite*. Chez les sujets qui portaient ces petites tumeurs, ils ont constamment trouvé une inflammation de toutes les artérioles du cerveau.



Fig. 637. — Un anévrysme miliaire à l'extrémité d'une artériole (Bouchard et Charcot.)

1, coagulum. — 2, anévrysme miliaire.

L'*artérite* n'affecte pas seulement la tunique externe de l'artère, comme on le croyait autrefois. On sait aujourd'hui que la tunique interne peut être enflammée, quoiqu'elle ne renferme pas de vaisseaux. On donne à cette inflammation, qui se montre très fréquemment, le nom d'*endartérite*, qui peut se montrer à l'état aigu ou à l'état chronique.

L'*endartérite aiguë* est appelée aussi *proliférante ;* on la rencontre surtout à la surface interne de l'aorte, où elle détermine de petites plaques arrondies, à surface chagrinée, de consistance élastique, presque gélatineuse, qu'on désigne souvent sous le nom de *plaques gélatiniformes* de l'aorte. Dans les points affectés d'endartérite aiguë, on constate, dans la tunique externe, la présence d'une *périartérite* de même étendue, avec épaississement considérable.

L'*endartérite aiguë* a son point de départ dans les cellules endothéliales de la surface interne des artères. Souvent, elle est consécutive à une infection microbienne. Les cellules endothéliales subissent la dégénérescence granuleuse ; et parfois on voit se développer des cellules embryonnaires qui envahissent de proche en proche la tunique moyenne.

Dans l'*endartérite chronique*, les cellules embryonnaires s'organisent en tissu conjonctif adulte, et un grand nombre d'entre elles subissent souvent la dégénérescence graisseuse. Cette transformation constitue l'*athérome*.

L'*athérome* peut donc résulter d'une endartérite aiguë ou chronique ; mais on peut aussi le voir se développer spontanément chez les gens âgés et chez ceux qui sont prématurément séniles : L'athérome a généralement son point de départ dans la tunique interne des artères. Les cellules endothéliales subissent la dégénérescence granulo-graisseuse et forment, par place, des plaques ramollies, jaunâtres, tranchant sur le fond normal et uniforme de l'endartère sain (*pustule athéromateuse*). De la tunique interne les lésions se propagent à la tunique moyenne, les éléments élastiques s'altèrent peu à peu, les fibres musculaires dégénèrent, la tunique externe elle-même s'altère, et il se forme, dans l'épaisseur de l'artère, de petites anfractuosités (*foyers athéromateux*) remplies de détritus, qui peuvent être déversés dans le courant circulatoire par ulcération de la pustule athéromateuse. C'est dans ces cas qu'on peut observer des *embolies*. D'autres fois, il se fait une sorte de régression dans le travail destructif; les tuniques artérielles s'infiltrent de sels calcaires, les artères deviennent dures au toucher et fragiles (*artères en tuyaux de pipe*). Dans ces cas, on dit qu'il y a *infiltration calcaire;* il n'est pas juste de dire que les artères se sont ossifiées, car il leur manque l'élément caractéristique du tissu osseux, l'ostéoplaste.



Fig. 638. — Gangrène sénile par oblitération artérielle.

1, partie mortifiée. — 2, sillon entre la partie saine 3 et la partie gangrénée 1.

Des coagulations fibrineuses s'observent parfois sur les aspérités produites à l'intérieur des artères par les plaques athéromateuses. L'artère vient à s'oblitérer, et le département alimenté par l'artère se mortifie. Telle est la *gangrène sénile* (fig. 638).

L'artérite fait perdre à l'artère son élasticité, et il n'est pas très rare d'observer des cas de dilatation consécutive à la périartérite.

Les *plaies des artères* démontrent la vitalité des parois arté-rielles, lorsqu'elles ne sont *pas pénétrantes*, et les propriétés ph

siques des tuniques artérielles, quand elles sont *pénétrantes*.

Lorsqu'une *plaie non pénétrante* intéresse la paroi artérielle dans sa tunique externe et même dans sa tunique moyenne, si elle n'est pas très étendue, elle guérit comme celle des autres tissus.



Fig. 639. — Forme des plaies pénétrantes des artères, due à leur élasticité.

1, la demi-circonférence divisée. — 2, le quart de la circonférence est coupé. — 2, section longitudinale.

Les *plaies pénétrantes* peuvent être produites par des instruments piquants, tranchants et contondants. Si les piqûres n'atteignent pas la dimension d'un millimètre, la petite plaie se cicatrise et le vaisseau recouvre complètement sa fonction, sans qu'il y ait hémorragie. Si la plaie atteint ou dépasse un peu cette dimension, il s'écoule un peu de sang qui s'infiltre dans le tissu conjonctif du voisinage, et forme un caillot qui obture la plaie, et à la suite duquel la cicatrisation se produit. Mais il peut arriver que cette inflammation adhésive ne se montre pas, et que les bords de l'ouverture deviennent le siège d'une ulcération qui détermine des hémorragies consécutives.

Les plaies pénétrantes les plus graves sont produites par des instruments tranchants, et sont faites perpendiculairement à l'axe du vaisseau. Si l'artère est complètement divisée, on comprend la gravité de cette blessure ; si la section est incomplète, la plaie tend à s'arrondir à cause de l'élasticité de l'artère (fig. 639).

ARTICLE II

VEINES

Les veines sont des vaisseaux chargés de porter le sang en retour vers le cœur.

Dispositions générales. — La capacité du système veineux est supérieure à celle du système artériel ; elle est double, selon quelques auteurs.

Les veines ont des parois molles et flasques, qui s'aplatissent lorsqu'elles ont été divisées.

Le sang y circule d'une manière uniforme, sans saccades, indépendamment de l'action du cœur. Aussi la *tension veineuse* est-elle beaucoup moindre que la tension artérielle. Elle est huit fois moins forte.

Dans une *plaie artérielle*, le jet du sang, saccadé, s'élève à

2 mètres ; dans une *plaie veineuse*, *saignée*, le jet du sang, régulier, monte à 20 centimètres seulement.

Les veines présentent une couleur plus foncée que celle des artères, avec lesquelles il est difficile de les confondre.

Elles accompagnent ordinairement les artères et présentent, au niveau des flexuosités de ces dernières, un trajet à peu près rectiligne, qui sert quelquefois à faire distinguer ces deux vaisseaux, à la *faciale*, par exemple. Cependant, il y a des régions où les veines marchent isolément, comme les *sinus de la dure-mère*, les *veines azygos* et autres *veines extra-rachidiennes*, les *veines intra-rachidiennes*, la *veine porte*, la *veine sus-hépatique* et les *veines sous-cutanées*.

Le système veineux comprend deux espèces de veines : *sous-cutanées et profondes*. Ce sont ces dernières qui accompagnent généralement les artères.

Quant aux *veines sous-cutanées*, elles sont situées dans la couche de tissu conjonctif qui sépare la peau des aponévroses. Elles se dessinent sur la peau sous forme de lignes bleuâtres plus ou moins saillantes. A leur terminaison, elles traversent les aponévroses pour se jeter dans le système veineux profond.

Dans leur trajet, elles envoient des *branches de communication* qui traversent les couches aponévrotiques pour s'anastomoser avec les veines profondes. Dans certaines régions, les veines traversent des tissus fibreux, avec lesquels elles contractent des adhérences, de telle sorte que, si l'on vient à les couper, *elles restent béantes* comme les sinus : c'est ce qu'on observe pour les veines jugulaires, à la partie inférieure du cou, pour le plexus veineux situé entre les deux feuillets de l'aponévrose moyenne du périnée, et pour quelques autres.

Les veines sous-cutanées représentent une circulation complémentaire de la circulation veineuse profonde : en effet, dans les divers mouvements, les muscles, comprimant les veines profondes, gênent, dans ces vaisseaux, la circulation du sang, qui se réfugie dans les veines superficielles. On peut aisément observer ce phénomène sur les bras des ouvriers qui contractent énergiquement leurs muscles, et sur le corps d'un cheval qui vient de courir.

Valvules. — On trouve à la surface interne des veines des replis appelés valvules, destinés à empêcher le retour du sang vers les capillaires, lorsqu'il y est sollicité par une cause quelconque. Elles sont surtout abondantes dans les membres, où le sang est obligé de lutter contre la pesanteur ; elles sont plus nombreuses dans les veines sous-cutanées. Beaucoup de veines sont cependant dépourvues de valvules : les *veines cérébrales* et *rachidiennes*, les *veines*

pulmonaires, la *veine porte*, la *veine sus-hépatique*, les *veines utérines*.

Les valvules sont des replis membraneux disposés par paires, de distance en distance; elles représentent deux petits nids de pigeon placés face à face, regardant le cœur par leur concavité et oblitérant complètement la veine par leur adossement, lorsqu'elles sont abaissées. Lorsque le sang chemine vers le cœur, les valvules sont relevées et s'appliquent parfaitement à la paroi veineuse; elles se redressent si le sang tend à rétrograder, et elles lui opposent une barrière presque insurmontable. On en trouve quelquefois trois sur le même point, et rarement quatre.

Au point d'insertion des valvules, il existe fréquemment une dilatation du calibre de la veine, qui forme sur son trajet un petit renflement nommé *sinus*.

Structure. — Destinés à rapporter au cœur le sang noir venu des capillaires, ces vaisseaux sont construits sur le même plan que les artères. Ils sont formés par la superposition de plusieurs *couches*, et possèdent aussi des *vaisseaux* et des *nerfs*.

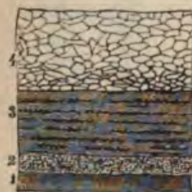


Fig. 639 *bis*. — Section transversale de la saphène interne au niveau du cou-de-pied (Gross. 50 diamètres).

1, Tunique interne. — 2, couche de tissu conjonctif de la tunique moyenne. — 3, tunique et fibres transversales et longitudinales. — 4, tunique externe (d'après Kölliker).

Il est juste de remarquer cependant que les veines sont beaucoup moins riches que les artères en éléments musculaires et élastiques. Ceci nous explique pourquoi les parois veineuses sont plus minces et plus molles que les parois artérielles. Non seulement elles ne présentent pas des fibres musculaires et des fibres élastiques aussi développées que les artères, mais ces éléments sont disposés si irrégulièrement dans leurs parois que la distinction d'une tunique externe et d'une tunique moyenne n'est plus possible. C'est pourquoi nous ne décrirons que deux tuniques aux veines : une tunique externe et une tunique interne (voir plus bas).

Les contractions du cœur, l'élasticité des artères et la contractilité artérielle, telles sont les causes principales, et même les seules causes du cours du sang dans les artères. La première de ces forces manque dans les veines, et les deux autres sont bien réduites.

Ce qui active le cours du sang dans les veines, c'est : 1° le *vis à tergo*, le sang des capillaires poussant le sang veineux ; 2° la *contraction des muscles* et le *jeu des valvules ;* 3° les *mouvements respiratoires*.

A chaque inspiration, la dilatation du thorax tend à faire un vide qui est immédiatement comblé, d'un côté, par l'air qui se précipite dans les poumons, et, d'un autre côté, par le sang veineux qui afflue de toutes parts vers le cœur. A la base du cou et au niveau du diaphragme, cette accélération du cours du sang veineux est favorisée par l'adhérence qui existe entre les parois des veines et le tissu fibreux environnant. On a la preuve de cette aspiration du sang, au moment de l'inspiration, dans la *pénétration de l'air* dans les veines, lorsqu'une blessure profonde est faite dans le cou.

Ce qui prouve encore l'accumulation du sang dans ces canaux pendant l'expiration, c'est la dilatation des veines de la tête et du cou, très apparente chez les personnes qui retiennent leur respiration. On peut observer en même temps une augmentation du volume du foie, très sensible à la percussion, et que des respirations accélérées font ensuite disparaître.

L'accélération du cours du sang trouve encore une cause dans la disposition du système veineux, qui se rétrécit, à mesure qu'on se rapproche du cœur. Enfin, les coquettes savent fort bien que les veines de la main et de l'avant-bras s'effacent par l'élévation de la main, de sorte que l'élévation de l'extrémité du membre favorise le cours du sang veineux.

Les veines n'offrent pas la même régularité de composition que les artères ; chaque veine montre, pour ainsi dire, une particularité de structure. A ce point de vue, on peut les diviser en deux groupes :

1° *Celles qui offrent des parois molles*, dépourvues d'adhérences et pouvant s'affaiser ;

2° *Celles dont les parois sont adhérentes* aux tissus voisins, de sorte qu'elles restent béantes lorsqu'on les divise. Nous décrirons les premières sous le nom de *veines libres*, et les autres sous celui de *veines adhérentes*.

A. — *Veines libres.*

La plupart des veines sont comprises dans ce groupe : toutes celles des membres, celles des parois thoracique et abdominale, les veines cérébrales, jugulaires, pulmonaires, les veines caves et la veine porte, etc. D'une manière générale, toutes ces veines possèdent deux tuniques.

1° Tunique externe. — La tunique externe contient à la fois des éléments musculaires, des fibres élastiques et du tissu conjonctif. Le *tissu conjonctif* représente la majeure partie de la tunique. Assez condensé à la périphérie de la veine, il devient un peu plus

lâche quand on se rapproche de sa partie centrale. Les fibres conjonctives s'entre-croisent dans tous les sens, et, dans les intervalles qu'elles limitent, on trouve des *fibres élastiques* disposées irrégulièrement et très peu développées, ne formant plus des lames ininterrompues comme dans les artères.

Les *fibres musculaires* se présentent sous deux formes : on trouve des fibres *longitudinales*, qui sont superficielles, et des fibres circulaires, profondes. Les éléments du tissu conjonctif se continuent même entre les fibres musculaires, de sorte qu'on ne peut pas dire qu'il existe dans les veines une couche musculaire continue.

Les fibres musculaires que nous venons de décrire dans les veines sont des fibres *musculaires lisses*. Autour des gros troncs veineux qui arrivent aux oreillettes, on trouve des *fibres musculaires striées*, qui se détachent des parois auriculaires pour se continuer sur la tunique externe. On ne peut pas dire que ces éléments striés appartiennent en propre aux veines : il est plus logique de dire qu'ils sont une continuation des sphincters musculaires qui entourent les veines au moment où elles pénètrent dans les oreillettes.

La structure de la tunique externe des veines peut se modifier dans certaines conditions ; un de ses éléments peut prendre un développement exagéré. C'est ainsi que, dans la *veine cave inférieure* et dans les *veines sous-clavières*, le tissu musculaire est très peu développé, tandis qu'au contraire il est très abondant dans la *veine porte* et dans la *veine splénique*.

2° Tunique interne. — La tunique interne des veines comprend deux couches : la couche sous-endothéliale, et la couche endothéliale proprement dite.

La *couche sous-endothéliale* rappelle par sa disposition la lame élastique interne des artères ; mais elle est moins nettement dessinée, et l'on y rencontre à la fois des fibres conjonctives et élastiques enchevêtrées. Cette couche est l'*endoveine*, analogue à l'endartère.

La *couche endothéliale* est formée de cellules losangiques comme les cellules de l'endothélium artériel ; mais ces cellules sont plus allongées. C'est par ce caractère qu'on peut les distinguer.

L'endothélium des veines se continue d'une part avec les cellules endothéliales de l'endocarde des oreillettes, et d'autre part avec celles des capillaires, qui rattachent le système veineux au système artériel.

Que deviennent ces éléments dans les valvules ? La couche endothéliale se continue sur les deux faces des valvules, mais elle

n'est pas exactement le même sur les deux faces. Sur la face interne, ou convexe du nid de pigeon, le grand diamètre des cellules endothéliales est parallèle à l'axe de la veine. Sur la face opposée, le grand diamètre est transversal. La couche sous-endothéliale se continue sans interruption jusqu'au bord libre de la valvule sur la face convexe, tandis que, sur la face concave, elle est plus mince et plus pauvre en fibres élastiques. Les faisceaux conjonctifs situés dans l'épaisseur de la valvule sont parallèles à son bord libre. Ranvier a signalé la présence de quelques fibres musculaires transversales au point d'insertion des valvules.

3° **Vaisseaux et nerfs**. — Les vasa vasorum des veines n'existent pas sur les veines très petites. Ces vaisseaux, fournis par les artères voisines, se ramifient dans la tunique externe des petites veines ayant plus d'un millimètre ; ils ne pénètrent pas plus profondément. Sur les veines moyennes et grosses, les vasa vasorum se portent dans toute l'épaisseur de la tunique moyenne, et arrivent jusqu'à la surface externe de la tunique interne.

Il existe des *nerfs* sur les parois veineuses, mais en petite quantité ; on n'est pas fixé sur leur mode de terminaison.

La différence de structure et de rapports des veines entraîne une modification de la circulation veineuse. Ainsi, dans les veines dépourvues de valvules et qui descendent de la tête, le *poids* du sang et le *vis à tergo* représenté par la force d'impulsion que le sang des capillaires communique, déterminent la circulation veineuse, avec le secours des mouvements respiratoires.

Dans la veine porte, dépourvue aussi de valvules, la circulation reconnaît pour cause : le *vis à tergo*, la réplétion des capillaires par une portion du chyle, et la *contraction* des nombreuses fibres musculaires qu'on trouve dans cette veine.



Fig. 640. — Varices superficielles.

La circulation des veines pulmonaires est prodigieusement activée par l'*élasticité* du poumon, qui revient sur lui-même au moment de l'expiration, et qui chasse, pour ainsi dire, le sang contenu dans les veines.

Le sang veineux lutte contre des obstacles nombreux avant d'ar-

river au cœur. Dans beaucoup de veines, la *pesanteur* apporte une difficulté sérieuse à la circulation. Les *constrictions* de toutes sortes : jarretières, cordons de jupe, manches, cravates et cols trop serrés, sont autant d'obstacles au cours du sang veineux.

A chaque contraction du cœur, il s'opère un reflux du sang vers les veines qui s'abouchent dans cet organe, et l'on peut constater sur l'animal vivant que ce reflux se produit jusqu'au tronc brachio-céphalique en haut, et jusqu'aux veines rénales en bas. Dans certaines lésions du cœur, le sang veineux traverse difficilement cet organe, dont la contraction auriculaire se fait sentir jusqu'aux veines jugulaires ; les pulsations que présentent ces veines à ce niveau constituent le *pouls veineux*.

Les parois veineuses sont si faibles qu'elles présentent quelquefois des dilatations permanentes, ou *varices* (1). Très fréquentes dans le membre inférieur, les varices des veines saphènes forment les *varices superficielles*. Les *varices profondes* affectent les veines profondes. On atténue la gêne des varices par des bas élastiques, mais on les guérit par des opérations.



Fig. 641. — Manière de faire une saignée. 4, veine médiane céphalique.

Les parois des veines s'enflamment quelquefois, *phlébite*. La phlébite, qui provoque la coagulation du sang, est aiguë ou chronique, superficielle ou profonde.

Un mot de la saignée. — On ne saigne plus aujourd'hui, on a tort. Du reste, peu de médecins de la jeune génération savent faire une saignée. La position superficielle des veines du pli du coude explique pourquoi on les choisit pour pratiquer l'opération de la *phlébotomie*. On pique de préférence la *veine médiane céphalique*, parce qu'elle ne se trouve pas en rapport avec des organes importants, et l'on exerce une compression au-dessus du coude pour gêner le

(1) Les varices des veines hémorrhoïdales s'appellent *hémorrhoïdes*, celles des veines du cordon testiculaire portent le nom de *varicocèle*.

retour du sang vers le cœur et obtenir ainsi une dilatation de la veine. Pendant l'écoulement du sang, on recommande au malade de presser, par des mouvements successifs, un objet quelconque dans sa main, afin que les muscles, par leur contraction, forcent le sang des veines profondes à se porter vers les veines superficielles, effet qu'il est facile de constater par un jet de sang qui suit immédiatement la contraction.

De quelques veines en particulier. — 1° Presque toutes les *veines du cerveau* et *de la pie-mère* sont dépourvues de fibres musculaires. Ces veines ne possèdent dans leur tunique externe que du tissu conjonctif, et elles sont absolument dépourvues de valvules ;

2° Les *veines de la rétine* sont aussi dépourvues de fibres musculaires. Il en est de même des *veines du placenta maternel*.

B. — *Veines adhérentes.*

Sous le nom de veines adhérentes, nous comprenons toutes celles dont les parois sont maintenues écartées, béantes, après une section ; ces veines, qui offrent toutes une structure spéciale, sont : les *sinus de la dure-mère*, les *canaux veineux des os*, les *veines sus-hépatiques* et *utérines*, maintenues béantes par le tissu du foie et de l'utérus après leur division ; les *veines jugulaires* et *sous-clavières*, maintenues béantes par le tissu fibreux de l'orifice supérieur du thorax, afin de favoriser l'écoulement du sang vers le cœur pendant l'inspiration ; les *veines de l'aponévrose moyenne du périnée*, situées entre les deux feuillets de l'aponévrose, auxquels elles sont adhérentes.

1° Sinus de la dure-mère. — Les sinus de la dure-mère ont une structure toute différente de celle des autres veines. Ils sont formés par une lamelle mince et transparente, qui tapisse la dure-mère. Cette lamelle est composée de deux couches, l'une *interne*, formée par l'endothélium déjà décrit ; l'autre *externe*, constituée par du *tissu conjonctif*, entremêlé, par places de *fibres élastiques fines*. Cette couche se continue sans ligne de démarcation avec le tissu de la dure-mère.

Les filaments qui cloisonnent irrégulièrement certains sinus, comme le sinus longitudinal supérieur et le sinus caverneux, sont formés de tissu fibreux continu à la dure-mère, et recouverts d'une couche mince de tissu conjonctif et de cellules endothéliales.

2° Canaux veineux des os. — Les canaux veineux des os sont tapissés par des cellules endothéliales. Ils présentent, en dehors de la couche endothéliale, une couche de tissu conjonctif adhérant intimement au tissu même de l'os. Ces canaux veineux, qui restent

béants lorsque l'os est divisé, se montrent principalement dans les os plats du crâne, où ils constituent les *canaux de Breschet*[1] *et de Dupuytren* ; on les trouve aussi dans le corps des vertèbres, sur leur face postérieure, où ils s'ouvrent pour communiquer avec les veines intra-rachidiennes. Dans les os longs, le sang veineux revient en partie par des veines nombreuses, parmi lesquelles quelques-unes, situées dans l'épaisseur des épiphyses, affectent exactement la structure des canaux veineux du crâne.

3° **Veines sus-hépatiques**. — Les veines sus-hépatiques, nées de petites veines, au centre des lobules du foie, forment plusieurs troncs qui se jettent dans la veine cave inférieure, au moment où celle-ci traverse le bord postérieur du foie. Ces veines, dépourvues de valvules, restent béantes lorsqu'on divise le foie, parce que la tunique externe est adhérente aux lobules hépatiques. La *tunique externe* de ces veines contient des faisceaux musculaires lisses très développés, dirigés longitudinalement et mélangés à du tissu conjonctif et à des réseaux de fibres élastiques fines. La *tunique interne* mesure une grande épaisseur, de 50 à 60 μ.

Les *veines utérines*, dépourvues de valvules, ont des parois minces dans l'état de vacuité de l'utérus ; leur structure est la même que celle des autres veines. Dans l'état de grossesse, les fibres circulaires de la tunique externe, deviennent extrêmement volumineuses, et il se développe une grande quantité de fibres musculaires lisses longitudinales dans la tunique externe, ainsi que dans la tunique interne, au-dessous de l'épithélium.

Les *veines jugulaires*, qui traversent l'orifice supérieur du thorax, et les *veines de l'aponévrose moyenne du périnée* n'offrent rien de remarquable dans leur structure ; seulement leur tunique externe reçoit l'insertion des faisceaux du tissu conjonctif qui unissent les parois veineuses aux tissus fibreux du voisinage, de telle sorte que ces veines restent béantes quand on les divise. On sait que cette disposition favorise le cours du sang veineux vers le cœur pendant l'inspiration et, malheureusement aussi, l'entrée du sang dans les veines, lorsque celles-ci sont blessées.

ARTICLE III

CAPILLAIRES

Les vaisseaux capillaires constituent un système de canaux ordinairement anastomosés en réseaux, *réseaux capillaires*, intermédiaires aux artères et aux veines. Ces réseaux reçoivent le sang artériel ; c'est là que se passent les phénomènes de nutrition, les

échanges entre le sang et les éléments anatomiques des tissus; c'est là que se font les combustions, que le sang perd son oxygène et se charge d'acide carbonique, c'est là, également, que les veines prennent le sang noir qu'elles rapportent vers le cœur. Il faut donc s'attendre à trouver ici des parois vasculaires différentes de celles des artères et des veines, des parois perméables, permettant l'endosmose, et dépourvues par conséquent d'éléments élastiques.

Définition. — Sous le nom de *capillaires*, on doit entendre des *vaisseaux microscopiques, ayant une seule tunique* et formant un réseau intermédiaire aux artères et aux veines. Dès qu'une deuxième couche s'ajoute à la couche unique des capillaires, leurs



Fig. 642. — Figure schématique montrant un capillaire en continuité avec une artère et une veine. Les chiffres indiquent les tuniques de l'artère et les tuniques de la veine.

fonctions changent : dès lors, ils deviennent *artérioles* ou *veinules*, suivant que la couche surajoutée se montre du côté des artères ou du côté des veines. Leurs parois, excessivement minces, permettent à l'endosmose de s'accomplir pour assurer les phénomènes de nutrition.

Leur découverte. — On ne se doutait pas de l'existence des capillaires au moment de la découverte de la circulation du sang par Harvey (1628), on ne les admettait que par le raisonnement. Malpighi les découvrit en 1661, en examinant au microscope le poumon d'une grenouille vivante. On ne sut pas d'abord s'il s'agissait de lacunes interstitielles, ou de conduits isolables. En 1830, Traviranus isola des capillaires du cerveau et, vers la même époque, Schwann décrivit la paroi de ces vaisseaux.

Limites. — Ces limites sont très difficiles à établir, car c'est insensiblement que les artérioles et les veinules deviennent des capillaires; on admet cependant d'une façon générale que les vaisseaux capillaires ont de 4 à 5 μ de diamètre.

Dimensions — Depuis 15 μ jusqu'à 4 μ, on peut observer toutes les variétés de capillaires. Les plus petits se rencontr

dans les *muscles*, dans les *nerfs*, et dans la *rétine ;* ils mesurent de 4 à 7 μ ; ils sont un peu plus larges dans le système tégumentaire, *peau* et *muqueuses*, de 7 à 10 μ ; ceux du système glandulaire, *foie*, *rein*, *glandes salivaires*, *poumon*, mesurent de 10 à 12 μ : les plus volumineux, enfin, se trouvent dans le *tissu osseux*, et principalement dans la substance compacte, où ils ont de 12 à 15 μ ; on trouve même des artérioles et des veinules dans quelques canaux de Havers. On admet généralement qu'il n'existe pas de capillaire dans lequel les globules sanguins ne puissent pénétrer. Le globule, ayant 7 μ, peut s'allonger en vertu de son élasticité et franchir un capillaire de 5 μ ; il traverse rarement et avec une grande difficulté les capillaires de 4 μ ; des capillaires plus petits n'admettraient pas les globules.


Fig. 643. — Réseau capillaire.

Leur aspect. — Vus au microscope, les vrais capillaires paraissent amorphes et *transparents ;* sans les noyaux dont ils sont parsemés, on parviendrait difficilement à les apercevoir. Leur paroi est douée d'un haut degré d'*élasticité*, au point qu'on ne peut donner qu'approximativement le diamètre d'un capillaire ; le même capillaire rempli de sang aura un diamètre supérieur au diamètre du même vaisseau vide. Lorsqu'un globule doit traverser un petit capillaire (le diamètre du globule est de 7 à 9 μ), le globule s'allonge en même temps que le capillaire s'élargit.

Distribution et rapports. — Les capillaires existent dans presque tous les tissus, mais non dans tous : les *cartilages articulaires*, la *tunique interne et moyenne des artères et des veines*, la *couche élastique sous-endothéliale de l'endocarde*, les *épithéliums*, les *ongles* et les *poils* en sont totalement dépourvus. Parmi les tissus privés de capillaires, nous citerons encore la *cornée* de l'adulte, le *cristallin* et la *cristalloïde*, l'*ivoire*, le *cément* et l'*émail*.

Dans les tissus où ils existent, les capillaires forment des réseaux à mailles variables, arrondies, anguleuses, ou allongées selon la forme et la disposition des éléments anatomiques. Du reste, certains éléments ou groupes d'éléments ne sont jamais traversés par les capillaires ; *aucun élément anatomique : cellule*, *fibre*, etc., *ne se laisse traverser par les capillaires ;* voilà une loi qui ne souffre aucune exception.

Membrane adventice. Gaines lymphatiques. — Dans plusieurs tissus, les vaisseaux capillaires ne sont pas en contact avec les

éléments anatomiques mêmes du tissu ; ils sont entourés par une couche de tissu conjonctif, connue sous le nom de *membrane adventice*, membrane qui peut offrir diverses dispositions. Tantôt c'est une couche de tissu conjonctif lâche, homogène, à noyaux ; tantôt c'est du tissu conjonctif réticulé (tissu adénoïde), qui entoure les capillaires, comme dans les organes lymphoïdes ; quelquefois, surtout sur les capillaires un peu volumineux, la couche de tissu conjonctif est séparée du capillaire par un petit intervalle destiné à la circulation lymphatique. Dans ce dernier cas, la membrane adventice prend le nom de *gaine lymphatique*. Robin avait décrit cette gaine, en 1859, sur les capillaires du cerveau. (*Journal de la Physiologie*, t. II.)

Structure. — La paroi des capillaires est uniquement formée d'une simple couche d'*endothélium*. Les cellules endothéliales sont transparentes, aplaties, très allongées, munies d'un gros noyau plat, faisant saillie à l'intérieur du vaisseau. Ces cellules résistent à l'action de la plupart des réactifs ; l'eau les gonfle sans leur faire perdre leur transparence.



Fig. 644. — Endothélium des capillaires.

Les contours cellulaires sont très nettement dessinés par les imprégnations au nitrate d'argent.

Hoyer et Eberth découvrirent, en 1865, les cellules endothéliales et le ciment interstitiel, au moyen d'une solution de nitrate d'argent au millième.

Entre les cellules endothéliales on trouve de petits espaces représentant des cellules sans noyaux. Ces *fragments intercalaires*, comme on les désigne, sont dus à ce que la lame du protoplasma parsemée de noyaux, en se scindant en corps cellulaires autour de chaque noyau, a laissé de distance en distance des fragments indépendants.

Il faut distinguer les capillaires de l'embryon et ceux de l'adulte.

Les *capillaires embryonnaires* sont constitués par une simple paroi endothéliale. Le ciment qui unit les cellules ne se laisse pas noircir par le nitrate d'argent. Leur paroi est très friable, et ne supporte pas la pression d'un liquide injecté dans l'artère. Dans les glomérules du rein, les capillaires conservent, pendant toute leur vie, la constitution embryonnaire ; cette disposition favorise

la fonction du rein qui rejette au dehors les déchets dissous de l'organisme.

Les *capillaires adultes* paraissent doublés d'une mince couche amorphe, analogue à une membrane vitrée. Cette couche est admise par les uns (Renaut), rejetée par les autres (Eberth).

Le *ciment inter-endothélial* est un albuminate demi-liquide qui se coagule par l'action des sels d'argent.



Fig. 645. — Capillaire du mésentère de la grenouille imprégné d'argent coloration des noyaux par le picro-carminate (Gross. de 330 diamètres) (Ranvier).

On a constaté sur la paroi des capillaires, de petites ouvertures qui ne sont pas permanentes et qu'on a appelées *stomates* (fig. 646).

Ces *stomates*, ou *stigmates*, décrits par Julius Arnold (1874), sont, en effet, *temporaires*, et résultent du passage des cellules migratrices par diapédèse. Pour les observer, on n'a qu'à exposer



Fig. 646. — Capillaire du mésentère de la grenouille imprégné d'argent. On y voit les stomates (Frey).

à l'air le mésentère d'une grenouille. La diapédèse s'établit et on observe les ouvertures qui ont donné naissance aux globules blancs, et à travers lesquelles quelques globules rouges sont sortis à la suite des globules blancs.

La couche endothéliale des capillaires se continue avec celle des artérioles, et avec celle des veinules.

Vaisseaux dérivatifs. — En 1860, Sucquet a décrit, sous le nom de *vaisseaux dérivatifs*, des vaisseaux établissant une communication directe entre les artérioles et les veinules, de sorte que le sang ne passerait pas par les capillaires, ce qui paraît antiphysiologique. Ces vaisseaux dérivatifs se montrent, d'après Sucquet, à la paume des mains, à la plante des pieds, au coude, au genou, sur la ligne médiane de la face. Sappey et Vulpian ont nié l'existence de ces vaisseaux.

Malgré l'opinion de Sappey et de Vulpian, et d'accord en cela avec tous, j'affirme que les vaisseaux dérivatifs de Sucquet existent, et qu'il m'est arrivé plusieurs fois de faire des injections veineuses en poussant une injection dans les artères. Le développement d'une circulation collatérale, après ligature d'une artère, est favorable à leur existence.



Fig. 647. — Développement des capillaires (d'après Kölliker).

1, cellule mésenchymateuse communiquant avec les pointes d'accroissement capillaires. — 2, globules. — 3, origine des globules rouges. — 4, pointes d'accroissement.

Divers réseaux. — La conformation du réseau capillaire des organes étant subordonnée à la disposition des éléments anatomiques, il en résulte que *la forme du réseau capillaire est toujours la même dans le même organe, dans le même tissu, elle le caractérise ;* de sorte qu'en voyant une injection capillaire, un anatomiste exercé peut dire à quel tissu, à quel organe appartiennent les vaisseaux. Cette règle souffre peu d'exceptions. Un réseau capillaire à *mailles arrondies* s'observe lorsque les éléments qui séparent les vaisseaux sont sphériques, comme autour des *cellules adipeuses* et des *culs-de-sac des glandes en grappe*, ou quand les vaisseaux contournent des orifices de petites glandes en tube, comme à la *surface muqueuse*

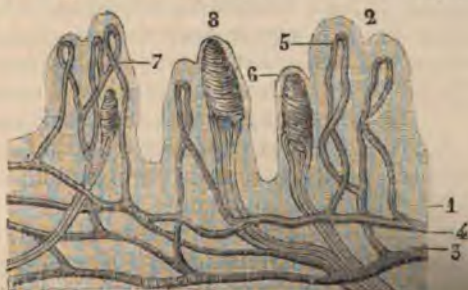


Fig. 648. — Capillaires des papilles de la p

de l'estomac, ou de l'intestin. On rencontre d
polygonales, lorsque les capillaires en

gonaux, comme les *cellules hépatiques*. On trouve des capillaires en forme *d'anses simples* dans les *papilles filiformes du derme*. Lorsque la saillie est plus large et plus longue, comme dans les *villosités* intestinales, les deux branches de l'anse sont réunies par des vaisseaux transversaux, de sorte que l'ensemble du réseau offre une forme conique. Un réseau *à mailles allongées et étroites* existe autour des éléments anatomiques allongés et disposés régulièrement : c'est ce qu'on observe dans les *muscles* et les *nerfs*.

Dans un même réseau capillaire, tous les vaisseaux ont sensiblement le même diamètre.



Fig. 649. — Dans une oblitération d'artère, par ligature ou par toute autre cause, il se développe une *circulation collatérale*, aux dépens des vaisseaux anastomotiques du voisinage qui se dilatent.

Exemple : 1, la poplitée oblitérée. — 2, capillaires développées entre les collatérales. — 3, la circulation est rétablie.

Nutrition des tissus. — Les parois des capillaires sont sans cesse traversées par des courants liquides, portant ou non des gaz en dissolution, de dehors en dedans et de dedans en dehors. C'est à travers ces parois que s'opèrent les échanges entre le plasma du sang et les éléments anatomiques, et que transsudent les liquides de sécrétion.

La nutrition des tissus résulte de l'échange qui se fait au niveau des capillaires. Au niveau du réseau capillaire, l'oxygène se combine aux tissus ; c'est dans les tissus que se produit l'acide carbonique, qui pénètre dans les capillaires et se dissout dans le plasma. Ces combinaisons chimiques incessantes s'accompagnent de production de calorique. Telle est la principale source de la chaleur animale.

Est-il possible de parler des capillaires sans toucher à la nutrition ? Le sang oxygéné se débarrasse, au niveau des capillaires, de son oxygène, qui traverse la paroi endothéliale du vaisseau, pour revivifier les éléments anatomiques des tissus. Les cellules et les autres éléments anatomiques sont le siège de réactions chimiques ; à mesure qu'ils reçoivent de l'oxygène, ils produisent des substances de désassimilation. De même que les microbes exhalent, sécrètent des *ptomaïnes*, différentes par leur composition chimique, les unes nuisibles (toxines), les autres sans action nocive, de même les cellules animales sécrètent des substances

qui constituent les déchets des tissus, dont l'accumulation peut être fort nuisible. Sortis des cellules, sous forme liquide, ou de gaz dissous dans les liquides, ces déchets pénètrent dans les capillaires lymphatiques et dans les capillaires sanguins. Ils sont donc versés dans le sang, directement par la voie des capillaires, ou indirectement par la voie des lymphatiques. Les déchets de l'organisme, mélangés au sang, parcourent le système circu-

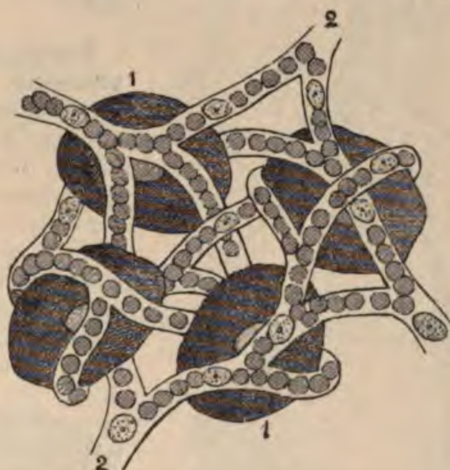


Fig. 650. — Mailles vasculaires autour des éléments anatomiques.
1, 1, cellules. — 2, 2, vaisseaux capillaires et globules.

latoire. Le rein a pour fonction de séparer ces déchets des tissus d'une manière constante, incessante ; c'est un purificateur permanent. Si, pour une cause quelconque, la fonction du rein cesse, il y a accumulation de ces résidus dans le sang, empoisonnement de l'organisme et mort, si l'on ne parvient à réparer les dégâts qui se sont produits du côté du rein.

Quand on introduit des médicaments actifs, de vrais poisons (morphine, etc.), dans la circulation, au moyen d'injections hypodermiques, le rein est chargé de les éliminer au fur et à mesure de leur introduction dans l'organisme. Si le rein est lésé (maladie de Bright, etc.), s'il ne remplit pas exactement son rôle d'émonctoire, le poison s'accumule dans le sang à chaque injection, et il peut en résulter une intoxication de l'organisme.

Les capillaires sanguins et lymphatiques n'absorbent pas se
ment les produits exsudés des cellules vivantes, il
aussi les liquides introduits dans les tissus. C'es

absorbé le liquide des injections hypodermiques et cette quantité colossale de *sérum* qu'on introduit parfois dans les tissus.

Le sang n'est pas seulement un *liquide de composition chimique complexe*, c'est un tissu, dont les éléments, sans cesse détruits, sont sans cesse renouvelés. Le sang joue un grand rôle physiologique dans les mutations intra-organiques.



Fig. 651. — Autre aspect du développement des capillaires (d'après Kölliker).

1, 2, vaisseau capillaire formé. — 3, formation isolée (cellule vaso-formative). — 4, 5, pointes d'accroissement.

Développement des vaisseaux. — Quel que soit le vaisseau que l'on envisage, le cœur lui-même, il est certain qu'il a commencé par être un capillaire. Nous avons vu (voy. p. 161) que, tout à fait au début, des petites cellules s'agglomèrent en petites masses connues sous le nom d'*îlots de Wolff* (1). On les voit apparaître entre le mésoderme et l'endoderme, par des végétations endodermiques (fig. 681).

Les cellules qui forment les îlots de Wolff se différencient, les unes en cellules endothéliales, s'adaptant de manière à former la paroi du capillaire, les autres en hématies nucléées, ou globules rouges du sang.

Des îlots de Wolff, qui se montrent sous forme de taches, on voit partir des saillies en forme d'épines, *pointes d'accroissement*. Celles-ci s'excavent à leur base, communiquent avec la cavité du capillaire et se remplissent de globules. Ces nouveaux capillaires émettent des bourgeons latéraux qui se creusent également, reçoivent le sang et s'anastomosent entre eux (fig. 651 et 652).

Ces pointes d'accroissement s'observent aussi sur les capillaires adultes; c'est un état permanent de parties embryonnaires dont

(1) Wolff (Gaspard-Frédéric), né à Berlin en 1735, mort en 1794, professeur à Saint-Pétersbourg.

l'évotulité n'est pas épuisée, car, dès qu'un mouvement d'incitation formative, d'excitation vive et soutenue se produit, on voit

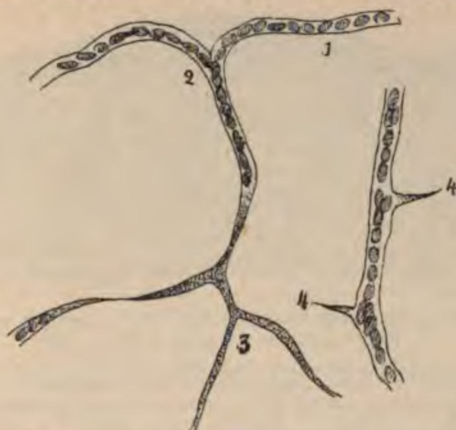


Fig. 652. — Développement des capillaires dans la queue du têtard de grenouille (d'après Mathias Duval).

1, 2, capillaires formés et contenant déjà des globules sanguins. — 3, cordons et bourgeons protoplasmiques, avec pointes d'accroissement. — 4, 4, pointes d'accroissement sur un capillaire déjà formé.



Fig. 653. — Fragment d'aire vasculaire d'un embryon de poulet, vu de face (d'après Disse).

1, ilots de substance solide, en blanc, entourés par le réseau vasculaire teint en gris. — 2, noyaux d'endothélium devant concourir à la formation des parois vasculaires. — 3, groupes de globules sanguins au milieu des capillaires.



Fig. 654. — Coupe de la surface d'une plaie bourgeonnante avec suppuration.

1, 1, capillaires nouveaux se terminant en anses, au voisinage de la surface. — 2, 2, globules purulents résultant de la prolifération des leucocytes et des corpuscules du tissu conjonctif.

ces pointes d'accroissement devenir l'origine de néoformations vasculaires.

Telle est l'évolution des capillaires, qui a été bien étudiée par Rou-



Fig. 655. — Coupe des bords d'un ulcère, anses vasculaires nouvellement développées (d'après Foerster) Gross. 100.

1, épiderme recouvrant des papilles hypertrophiées et contenant déjà quelques cellules embryonnaires du tissu conjonctif. — 2, épiderme épaissi bordant l'ulcère : au-dessous, on voit les papilles considérablement développées, très vasculaires et contenant de nombreuses cellules embryonnaires. — 3, surface ulcéreuse, les cellules embryonnaires du tissu conjonctif se transforment en globules purulents ; les papilles sont détruites.

get et Ranvier dans les tissus de la queue du têtard de la grenouille.



Fig. 656. — Bourgeon d'un carcinome ulcéré, vu à un fort grossissement.

1, vaisseau formant des anses à la surface du bourgeon. — 2, couche épithéliale. — 3, cellules embryonnaires.

C'est autour des capillaires endothéliaux que s'ajoutent les autres éléments anatomiques, pour donner naissance au cœur, aux artères et aux veines. Pour me résumer, je dirai donc que les cellules embryonnaires s'aplatissent et s'adaptent par leurs bords pour former un tube, un capillaire à parois uniquement endothéliales. Pendant l'évolution des cellules d'endothélium, quelques-unes des cellules primitives se sont transformées en globules sanguins. Dès que le capillaire endothélial est formé, les éléments celluleux du mésoderme s'ajoutent à la surface externe du tube endothélial, ils se superposent pour former les tuniques des artères, des veines et des parois du cœur.

L'évolution des capillaires a lieu de la même manière dans les tissus pathologiques et dans l'inflammation. C'est ainsi que se forment les anses vasculaires des bourgeons charnus qui recouvrent les plaies, les ulcères, etc. (fig. 654, 655 et 656).

CHAPITRE II

VAISSEAUX ET GANGLIONS LYMPHATIQUES

L'ensemble des vaisseaux et des ganglions lymphatiques constitue le *système lymphatique*, destiné à la circulation de la lymphe, ou sang blanc, liquide, qui sera décrit plus loin.

Le système lymphatique est formé par une quantité innombrable de petits vaisseaux, *vaisseaux lymphatiques*, ou *vaisseaux blancs*, qui naissent dans les tissus au niveau des réseaux capillaires sanguins. Ils se terminent dans le système veineux par deux conduits collecteurs qui versent la lymphe dans les veines du cou. Ces collecteurs sont le *canal thoracique* et la *grande veine lymphatique*.

Les *ganglions lymphatiques* sont des organes glanduleux placés sur le trajet des vaisseaux lymphatiques. Ils modifient la lymphe qui les traverse.

Nous avons vu, en décrivant les capillaires, que la partie liquide du sang transsude à travers la paroi des capillaires pour l'entretien des éléments anatomiques. Ceux-ci y puisent les matériaux qui leur sont nécessaires.

Ce liquide, issu des capillaires sanguins et baignant les éléments anatomiques, est la *lymphe*. Ayant perdu son oxygène et la plupart de ses matériaux de nutrition, ce liquide pénètre dans les vaisseaux lymphatiques qui le charrient vers le sang veineux, avec lequel il se mélange, pour atteindre le poumon où il sera revivifié avec ce même sang veineux.

L'étude de la *lymphe* et du *chyle*, qui n'est qu'une lymphe modifiée, suivra celle des vaisseaux et des ganglions lymphatiques.

ARTICLE PREMIER

VAISSEAUX LYMPHATIQUES

L'étude des vaisseaux lymphatiques comprend : 1° celle des *capillaires lymphatiques* ; 2° celle des *troncs* ou *vaisseaux lymphatiques*.

§ 1. — CAPILLAIRES LYMPHATIQUES

Le *réseau capillaire lymphatique*, répandu dans le tissu conjonctif jusque dans les plus petits interstices des organes, accompagne toujours le *réseau capillaire sanguin*. Ce dernier constitue



Fig. 657. — Vaisseaux lymphatiques d'un doigt.

un *système d'irrigation, d'arrosage* des tissus, l'autre un *système de drainage*, enlevant le surplus de l'irrigation.

Véritables canaux de drainage, les capillaires lymphatiques sont disposés en réseaux, comme les capillaires sanguins, avec lesquels ils sont entremêlés, *sans jamais communiquer avec eux*.



Fig. 658. — Membrane interdigitale d'une patte de grenouille, dont les vaisseaux sanguins ont été injectés par la gélatine et le carmin, et les lymphatiques par la gélatine et le bleu de Prusse. Gross. 50 diamètres (d'après Arnold).

1, réseau capillaire sanguin. — 2, réseau lymphatique. — 3, espaces circonscrits par le réseau lymphatique (ce sont les parties les plus claires). Les taches noires sont les chromoblastes.

Réseau lymphatique. — Le réseau capillaire lymphatique diffère du réseau sanguin en ce que les capillaires sont larges et irrégu-

liers. Leur diamètre, de 40 à 50 μ en moyenne, descend très rarement au-dessous de 20 μ (voy. la figure 658, où l'on constate des dilatations et des rétrécissements successifs).

Le réseau lymphatique est extrêmement serré, comme on peut le voir sur la face palmaire du doigt (fig. 657). On le voit surtout à la surface du derme de la peau et des muqueuses, au niveau des ouvertures naturelles où la peau se continue avec les muqueuses. On trouve aussi le réseau capillaire lymphatique dans l'épaisseur du derme, dans le tissu conjonctif des glandes, dans l'épaisseur des viscères, etc. On n'a pas encore trouvé de réseau lymphatique dans certains tissus, tels que le tissu osseux et le tissu nerveux.

Le réseau capillaire est tellement riche dans les points que je viens de signaler qu'il suffit de piquer au hasard, avec l'appareil à injection au mercure, la surface de la peau ou de la muqueuse d'une ouverture naturelle, pour remplir de matière à injection le réseau lymphatique [1].



Fig. 659. — Lymphatiques de la peau de la dernière phalange d'un doigt.

a, épiderme. — *b*, vaisseaux lymphatiques. — *c*, vaisseaux plus profonds, formant de larges réseaux et munis de nombreuses valvules.

(1) Le réseau capillaire, origine des lymphatiques, siège au-dessous de l'épiderme dans toute l'étendue du corps. C'est ce réseau qui absorbe les substances introduites sous l'épiderme (vaccine). Quand on vaccine, il suffit d'introduire la pointe de la lancette sous l'épiderme, il est préférable de ne pas faire saigner. Lorsqu'on fait une autopsie, il faut fermer soigneusement les écorchures des doigts avec du collodion. Les piqûres qu'on se fait dans les autopsies avec les pointes d'os brisés sont extrêmement dangereuses ; dès que l'épiderme est éraillé, les matières septiques sont absorbées par les lymphatiques. Le nom de *vaisseaux absorbants* leur a été donné avec juste raison.

Extrémités closes. — On a beaucoup discuté sur l'origine des vaisseaux lymphatiques. Les uns ont admis, avec Virchow, que les capillaires lymphatiques se terminent dans les soi-disant *cellules plasmatiques* du tissu conjonctif. Or, ces cellules n'existent pas. D'autres ont supposé que les capillaires lymphatiques se continuaient directement avec les espaces interstitiels du tissu conjonctif.

Lorsqu'on a décrit les stomates des séreuses, qui ne sont pas de véritables ouvertures, on a pensé que les séreuses étaient de vastes surfaces lymphatiques.

Sappey, trompé par des injections pénétrantes, a admis une communication directe entre les réseaux capillaires sanguin et lymphatique, au moyen de capillaires très petits, qu'il désignait sous le nom de *capillicules*.

Aujourd'hui, on est d'accord pour admettre que les capillaires lymphatiques forment un *système clos* de toutes parts. On observe, sur les parois des capillaires, de petits diverticules de formes variées, étudiés surtout par Ranvier, dans le derme de la peau de la grenouille (1895), et par Regaud sur la glande mammaire (1894), et terminés toujours par des culs-de-sac clos (fig. 661).

Structure. — Les capillaires lymphatiques ont une paroi très mince, formée par une simple couche de cellules endothéliales très plates, très analogue à celle des capillaires sanguins. Cet endothélium n'est connu que depuis qu'on s'est servi des injections au nitrate d'argent à 1 ou 2 p. 100.



Fig. 660. — Saillie des valvules qui donnent au lymphatique un aspect moniliforme.

1, 1, réseau lymphatique donnant naissance aux vaisseaux lymphatiques. 2, 2, 2, 2. On voit la saillie des valvules qui donnent au lymphatique un aspect moniliforme.

Cette injection peut être faite directement dans les capillaires lymphatiques, ou indirectement par les artères. Dans ce dernier cas, la solution transsude à travers la paroi des capillaires sanguins, et pénètre par endosmose dans les capillaires lymphatiques. Les cellules endothéliales se montrent alors avec des dentelures très irrégulières, qu'on peut comparer aux dentelures des *sutures des os du crâne*,

aux découpures d'une *feuille de chêne*, ou d'un *jeu de patience*. A part ces dentelures, la cellule endothéliale a beaucoup de rapports avec celle des capillaires sanguins (fig. 662).

§ 2. — TRONCS OU VAISSEAUX LYMPHATIQUES

Les capillaires lymphatiques convergent les uns vers les autres, comme on le voit dans la figure 661, pour donner naissance à de petits troncs, qui sont l'origine des vaisseaux lymphatiques.



Fig. 661. — Origine des lymphatiques (d'après Sappey).

Capillaires lymphatiques 4, donnant naissance à un tronc lymphatique 3, 3. — 1, tronc lymphatique. — 2, 2, mailles du réseau.

Ces vaisseaux, fins et extrêmement nombreux, accompagnent les vaisseaux sanguins superficiels et profonds des membres, et ceux qui se rendent dans les viscères. Ils ont entre eux de fréquentes anastomoses, et forment parfois, autour des vaisseaux sanguins, un véritable plexus lymphatique.

Ces vaisseaux, sans exception, se rendent par groupe à des ganglions dans lesquels ils se ramifient pour y verser la lymphe. Celle-ci se reconstitue dans le ganglion. Elle sort du côté opposé et se jette dans d'autres canaux qui augmentent de calibre à mesure qu'ils se rapprochent des deux grands canaux collecteurs, le canal thoracique et la grande veine lymphatique.



Fig. 662. — Endothélium des capillaires lymphatiques de l'intestin du lapin. Gross. 200 diam. (Ranvier).

La *grande veine lymphatique* offre de 2 à 4 centimètres de longueur. Elle est située à la partie inférieure du cou, du côté droit, en dedans du scalène antérieur. Elle s'ouvre dans la veine sous-

clavière, à son point de réunion avec la jugulaire interne, où elle verse la *lymphe de tous les vaisseaux lymphatiques de la moitié sus-diaphragmatique droite du corps.*

Tous les autres lymphatiques se jettent dans le canal thoracique.

Le *canal thoracique*, situé au-devant de la colonne vertébrale, prend son origine au niveau de la deuxième vertèbre lombaire, par une dilatation appelée *citerne de Pecquet*.



Fig. 663.

A gauche on voit un vaisseau lymphatique entier. — *a*, extrémité qui regarde le cœur. — *b*, *b*, renflements correspondant aux valvules.

A droite, le lymphatique est ouvert. — *a'*, extrémité qui regarde le cœur. — *b'*, *b'*, valvules.



Fig. 664. — Endothélium d'un conduit lymphatique du péricarde.

Situé dans le médiastin postérieur, il croise la face antérieure de la colonne vertébrale, de bas en haut et de droite à gauche. Il croise aussi la face postérieure de l'œsophage, et vient se jeter dans le système veineux, au confluent des veines jugulaire interne et sous-clavière gauches.

Tous les vaisseaux lymphatiques se *terminent* donc dans le système veineux ; mais, dans leur trajet, ces vaisseaux semblent se perdre dans l'épaisseur des ganglions lymphatiques.

Cette terminaison n'est qu'apparente, et les vaisseaux ne font que traverser ces glandes, qui exercent une action spéciale sur le liquide qu'ils contiennent. Presque tous les lymphatiques traversent un ou plusieurs ganglions avant d'arriver aux deux troncs de terminaison.

Chylifères. — Il est un groupe de lymphatiques qui se distingue des autres par sa fonction ; je veux parler des *vaisseaux chylifères*, qui partent de l'intestin grêle, où ils naissent par une dilatation, au centre des villosités. Ces vaisseaux sont chargés de porter le chyle dans le canal thoracique, après avoir traversé les *ganglions*

lymphatiques mésentériques, appelées encore *ganglions chylifères*.

Structure. — La structure des vaisseaux lymphatiques se rapproche beaucoup de celle des veines ; toutefois les éléments musculaires y sont plus nettement séparés. Ils ont trois tuniques :

Tunique externe. — Elle est formée, dans sa partie superficielle, de fibres conjonctives dirigées dans tous les sens, assez serrées, et auxquelles se mêlent quelques fibres élastiques.

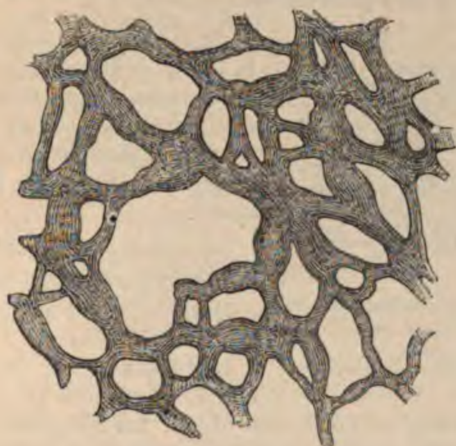


Fig. 665. — Réseau lymphatique de la face profonde de l'estomac (Cadiat).

Tunique moyenne. — A la partie profonde de cette tunique on trouve de nombreuses fibres musculaires lisses, très nettes, la plupart circulaires. Quelques-unes sont dirigées dans tous les sens, si bien qu'il est impossible d'y découvrir une disposition régulière.

Tunique interne. — La tunique interne, ou endothéliale, est constituée en allant de dehors en dedans, par une mince lame élastique, par une couche de tissu conjonctif excessivement délicat (couche sous-endothéliale), et par un endothélium identique à celui des capillaires.

Limites des tuniques. — Les tuniques des vaisseaux lymphatiques, que je viens de décrire, se continuent jusqu'aux capillaires lymphatiques. La couche endothéliale seule forme la paroi des capillaires.

Valvules. — Les valvules sont extrêmement nombreuses dans les vaisseaux lymphatiques, et elles sont disposées par paires comme dans les veines. Les capillaires en sont dépourvus. Elles sont formées par une sorte de plissement des tuniques, si bien qu'on retrouve dans leur structure du tissu conjonctif, des fibres élastiques, quelques fibres musculaires. Sur la face qui regarde l'axe, en contact avec la lymphe, on constate la présence d'un endothélium en tout semblable à celui que nous avons décrit dans les vaisseaux lymphatiques, mais sur la face opposée, qui regarde la paroi du lymphatique, on trouve des cellules polygonales à dentelures très peu prononcées (fig. 668).

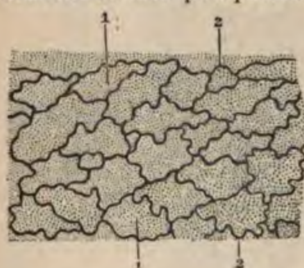


Fig. 666. — Endothélium de la face externe d'une valvule.
1, 1, cellules.
2, 2, ciment inter-cellulaire.

Vasa vasorum. — On trouve dans la tunique externe des lymphatiques un réseau capillaire sanguin à mailles étroites et allongées. On y trouve également des *nerfs vaso-moteurs* destinés aux fibres musculaires.

Lymphangite. — Les vaisseaux lymphatiques sont les voies par lesquelles se propagent de préférence les infections.

La *lymphangite*, ou *angioleucyte* aiguë, représente en quelque sorte le premier degré de l'infection aiguë. La lymphangite est *réticulaire* quand elle s'est développée sur un réseau lymphatique ; elle est au contraire *linéaire* quand elle a pour siège les gros troncs lymphatiques, ceux des membres, par exemple. Dans le premier cas, la lymphangite est caractérisée par une rougeur diffuse, limitée au réseau lymphatique enflammé ; dans le second cas, cette même rougeur dessine sous la peau les troncs lymphatiques envahis, qui sont gros et durs au toucher. Dans toute lymphangite, aiguë ou chronique, les ganglions correspondants s'enflamment (adénite).

Telle est la *lymphangite superficielle*. Quand la lymphangite est *profonde*, on la reconnaît à la douleur, à l'œdème et à l'adénite profonde, c'est-à-dire à l'inflammation des ganglions profonds.

L'*érysipèle* est une lymphangite du réseau lymphatique superficiel.

ARTICLE II

GANGLIONS LYMPHATIQUES

Sur le trajet des vaisseaux lymphatiques sont interposés des organes formés de tissu lymphoïde, et modifiant la composition de la lymphe qui les traverse; ce sont les *ganglions lymphatiques*. Ces organes ont le volume moyen d'une lentille; les plus gros ne dépassent pas celui d'un haricot. Ils sont extrêmement nombreux et, quoiqu'on n'en ait jamais fait le dénombrement, je pense qu'on peut les évaluer à plus d'un millier.

Ils sont rares dans les membres, où l'on connaît seulement le ganglion sus-épitrochléen (sous-cutané) un peu au-dessus de l'épitrochlée, et deux ganglions poplités, contre les vaisseaux poplités. Ils forment deux groupes à la racine des membres, à l'aine et au creux axillaire. Ils sont abondants dans la région du péricarde, sous la peau de la région inguinale, ainsi que de la région axillaire (ganglions superficiels); entre les muscles, autour des vaisseaux (ganglions profonds). Il y en a une quantité considérable dans le thorax et dans l'abdomen; ceux du thorax remplissent les médiastins, entourant la trachée, les bronches et l'œsophage; ceux de l'abdomen entourent l'aorte et la veine cave inférieure, ils sont situés entre les deux feuillets du mésentère (ganglions chylifères) et des épiploons. A la partie supérieure du thorax, ils forment une chaîne ganglionnaire qui entoure les vaisseaux sous-claviers pour rejoindre les ganglions axillaires. Dans le bassin, ils forment une chaîne analogue autour des vaisseaux iliaques, allant rejoindre les ganglions inguinaux. On en trouve dans les joues, le long de l'artère faciale, et dans le cou (ganglions carotidiens, parotidiens, sus-hyoïdiens, etc.).

Ces ganglions ne sont pas répandus sans ordre. Ils reçoivent des *lymphatiques afférents* par le côté qui regarde la périphérie; par la partie opposée, appelée *hile*, ils regardent la région cervico-thoracique, et ils émettent des *lymphatiques efférents* qui se dirigent vers le canal thoracique et la grande veine lymphatique.

Structure.

Les ganglions ont la *structure* suivante : ils sont formés d'une masse de tissu ganglionnaire entourée d'une enveloppe ou capsule.

Capsule fibreuse du ganglion. — On peut, avec un peu de patience, décortiquer un ganglion. La capsule est surtout appa-

rente et séparable dans les ganglions hypertrophiés. C'est une membrane formée de faisceaux de *tissu conjonctif* condensé, entremêlés de *fibres élastiques* en réseau. On constate des fibres musculaires lisses dans l'épaisseur de cette capsule, surtout à sa face interne, fibres très abondantes sur les animaux qui ont des ganglions volumineux (bœuf).

Des *prolongements* partent de la face interne de la capsule fibreuse. Formés du même tissu que la capsule, ces prolongements se portent à la surface du tissu du ganglion en se divisant et en limitant des espaces communiquant les uns avec les autres (*espaces*

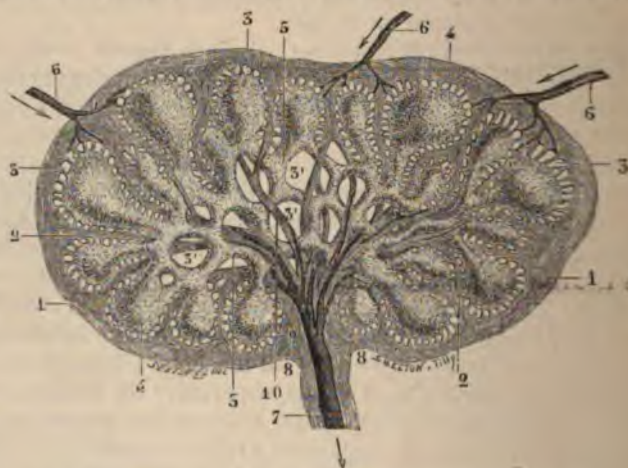


Fig. 667. — Structure d'un ganglion lymphatique (Frey).

1, capsule ou enveloppe. — 2, cloisons. — 3, sinus lymphatiques, espaces caverneux. — 4, follicules. — 5, cordons médullaires. — 6, vaisseaux lymphatiques afférents. — 7, vaisseau lymphatique efférent. — 8, hile. — 9, tissu conjonctif du hile (stroma). — 10, cloisons conjonctives centrales.

caverneux) (fig. 667). Quelques-uns de ces prolongements traversent l'épaisseur du ganglion et se réunissent vers le hile où ils forment le *stroma du hile* (fig. 667).

Tissu ganglionnaire. — Le tissu du ganglion est un tissu spécial, que l'on trouve dans d'autres organes producteurs de leucocytes. Ce tissu a reçu de His le nom de *tissu adénoïde*, de Kölliker celui du *tissu cytogène*, de Frey celui de *tissu réticulé*. On l'appelle encore *tissu lymphoïde*. Ce tissu serait un réseau de cellules étoilées anastomosées par leurs prolongements. Aux points d'anastomose des prolongements seraient les cellules renfermant un noyau. Pour Ranvier, ce tissu serait un tissu conjonctif réticulé, et les

noyaux appartiendraient à des cellules endothéliales tapissant les faisceaux du tissu conjonctif (fig. 669).

Ce tissu étant disposé d'une manière différente à la surface des ganglions et au centre, on décrit une substance corticale et une substance médullaire.

Substance corticale. — A la surface du ganglion, au-dessous des espaces caverneux limités par les prolongements de la capsule, la substance corticale est constituée par des masses arrondies, ou *ampoules*, reliées à la substance médullaire par un pédicule (fig. 667,4).

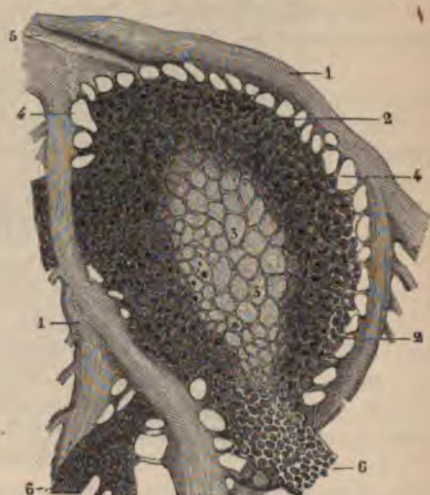


Fig. 668. — Un follicule du ganglion (Frey).

1, capsule. — 2, sinus. — 3, follicule. — 4, rapports du follicule et du sinus. — 5, prolongement de la capsule. — 6, pédicule du follicule et commencement des cordons médullaires.

Chaque *ampoule* est un *follicule* formé du tissu spécial que je viens d'indiquer, et entouré de petits espaces communiquants. Ces espaces sont séparés par des ramifications des cloisons principales de la capsule. L'ensemble des espaces qui entourent un follicule est appelé *sinus lymphatique*. Les interstices des éléments des follicules, de même que les sinus lymphatiques, sont remplis de globules blancs ou leucocytes. Les cloisons et les espaces caverneux sont tapissés par un endothélium qui se continue avec celui des lymphatiques afférents (fig. 667,5).

Substance médullaire. — Elle est formée du même tissu que la substance corticale. Ce sont des *cordons folliculaires* anastomosés en réseau, et formés par les pédicules des follicules de la substance corticale.

Ces cordons sont entourés, comme les follicules corticaux du *sinus lymphatique*, par des espaces communiquant entre eux et avec ceux de la substance corticale. On distingue ainsi les *sinus médullaires* et les *sinus corticaux*.

Un ganglion est donc un réseau caverneux dans lequel les vais seaux afférents versent la lymphe. Ce liquide baigne les fo lli cules

les imbibe et atteint le hile, où il passe dans les vaisseaux efférents. En traversant le ganglion, la lymphe emporte une quantité considérable de lymphocytes, dont le nombre augmente à mesure qu'on se rapproche du canal thoracique.

Les *ganglions chylifères* du mésentère sont des ganglions ordinaires, dont ils ne diffèrent que par la présence des éléments du chyle dans l'épaisseur du ganglion.



Fig. 669. — Tissu réticulé des ganglions.

1, capillaires. — 2, cellules lymphatiques ou lymphocytes. — 3, réticulum.

Vaisseaux du ganglion. — Le ganglion reçoit des vaisseaux lymphatiques afférents, il donne des vaisseaux lymphatiques efférents, et il reçoit encore des vaisseaux sanguins.

Les *vaisseaux lymphatiques afférents* abordent le ganglion par sa surface, du côté périphérique. Leur paroi se confond avec le tissu de la capsule et leur couche endothéliale se continue avec celle qui tapisse les espaces caverneux du ganglion. La lymphe versée par les vaisseaux afférents baigne les follicules, les imprègne et sort par les vaisseaux efférents.

Les *vaisseaux lymphatiques efférents*, beaucoup moins nombreux que les afférents, réduits même parfois à un seul, sortent du hile, chargés d'une nouvelle lymphe, et se dirigent vers le thorax.

Les *vaisseaux sanguins* passent par le hile. Les artères pénètrent dans le stroma du hile et se ramifient dans l'épaisseur des prolongements de la capsule fibreuse. De ces cloisons, elles se jettent sur les cordons de la substance médullaire et sur les follicules de la

substance corticale. Elles forment un réseau capillaire très fin, à mailles arrondies dans les follicules, à mailles allongées dans les cordons. Dans les follicules, ils ont une disposition radiée de la périphérie au centre.

Fonction des ganglions. — On admet aujourd'hui que les ganglions produisent de nombreux lymphocytes, origine de la plupart des globules blancs du sang. Ces lymphocytes se chargent d'oxygène au contact des capillaires sanguins du ganglion. La lymphe traverse le ganglion, véritable filtre. Elle y acquiert des propriétés nouvelles, et elle s'y charge de leucocytes.

Les *matières septiques* inoculées dans le réseau lymphatique sont transportées au ganglion correspondant où elles éprouvent un temps d'arrêt. Parfois, ce temps d'arrêt est définitif, il se forme un abcès ganglionnaire et le mal s'arrête. C'est ainsi que se développent souvent des abcès axillaires et thoraciques à la suite d'une piqûre anatomique ayant produit une adénite axillaire. Mais quelquefois le virus va plus loin et produit l'infection.

La matière du *tatouage* passe dans les capillaires lymphatiques; elle est transportée dans le ganglion correspondant, où elle s'arrête.

Lorsqu'une *tumeur maligne* (cancer) se développe dans un organe, dans une région, les lymphatiques se remplissent de matière cancéreuse et la transportent dans les ganglions correspondants, ganglions axillaires pour les tumeurs des seins, ganglions lombaires pour celles du testicule.

L'*adénite* est l'inflammation des ganglions lymphatiques. Elle accompagne généralement la lymphangite, mais elle peut se montrer sans qu'il y ait inflammation évidente des lymphatiques afférents. Le *bubon* n'est qu'une variété d'adénite, siégeant dans les ganglions inguinaux.

A côté de ces altérations des voies lymphatiques dans les infections aiguës, nous devons signaler celles qu'on observe dans les infections chroniques.

Les ganglions lymphatiques sont le siège fréquent d'*engorgements chroniques*; on les observe dans la syphilis, la tuberculose atténuée ou scrofule, le cancer, le sarcome. Dans tous ces cas, ils sont infectés secondairement, et on retrouve, en les examinant au microscope, des altérations qui ne trompent pas sur la nature de l'infection. Dans le cancer et le sarcome, c'est un très mau
signe que de rencontrer l'engorgement ganglionnaire, car il pr
une malignité très grande du mal qui s'est propagé aux
Dans ce cas, la récidive des tumeurs est à peu pr
l'ablation des ganglions malades (qui semblent met
momentanée à l'infection) ne conjure pas la récidi

CHAPITRE III

SANG ET LYMPHE

Le sang et la lymphe circulent dans les vaisseaux. Le mouvement du sang est produit par le cœur, celui de la lymphe par le *vis a tergo*.

Les capillaires sanguins et lymphatiques sont entourés par le liquide exsudé des capillaires sanguins, qui baigne les éléments anatomiques.

ARTICLE PREMIER

LE SANG (Tissu sanguin.)

Le sang est un *tissu liquide*, composé d'éléments cellulaires (globules) et d'une substance liquide intercellulaire. On doit adopter cette définition du sang du professeur Hayem.

Il était indispensable que ce tissu fut liquide, puisqu'il sert d'intermédiaire entre les milieux extérieurs et les éléments anatomiques des tissus. Cl. Bernard lui a donné le nom de *milieu intérieur*.

Ce *véhicule* sert à transporter les agents de l'assimilation et les produits de la désassimilation. Il résulte de ces échanges continuels que le sang n'a pas partout la même composition.

Le sang apporte aux organes les matériaux de la respiration. En effet, ce n'est pas par le poumon que les animaux respirent, mais par les tissus, au moyen de l'oxygène apporté par le sang circulant. Le poumon n'est qu'un appareil mécanique destiné à amener l'air au contact des capillaires pulmonaires.

La définition que je viens de donner du sang doit faire comprendre l'importance qu'on doit attacher à l'étude de ce liquide. Les médecins doivent se persuader que le rôle du sang est immense, puisqu'il donne la vie aux organes et aux tissus. Pour qu'il soit de *bonne qualité*, il faut que les substances qui forment le *liquide nourricier* proviennent de bonne source. Aussi le méde-

cin doit-il porter tous ses soins à l'élection des éléments qui entrent dans la circulation, pour donner au sang des qualités supérieures, qu'il transmettra aux tissus de l'organisme.

Ces éléments sont l'*air* de la respiration, qui pénètre par la voie pulmonaire, et les *aliments*, qui suivent la voie de l'absorption digestive.

Il ne faut donc pas s'étonner si Bordeu, l'un des plus grands médecins du XVIIIe siècle (1) définissait le sang une *chair coulante*.

Avant d'étudier les éléments constitutifs de ce tissu, j'ai à faire connaître ses qualités physiques, chimiques et organoleptiques. Je parlerai du sang en circulation et au repos, de sa quantité, de sa couleur, de sa densité, de son odeur, de sa saveur, de sa réaction, et de sa composition.

Le sang en circulation. — La circulation du sang fut découverte en 1615 par Harvey, qui dut lutter pendant quinze années consécutives, de 1615 à 1629, contre le parti pris de ses contemporains, pour faire accepter sa découverte. Il en est souvent ainsi, hélas !

La *circulation* est un *mouvement circulaire incessant du sang dans un système de canaux clos et ramifiés, dont l'ensemble constitue le système circulatoire.*

Deux conditions sont nécessaires pour que le sang circule librement et reste à l'état liquide : il faut qu'il soit sans cesse en mouvement et que la surface interne des vaisseaux ne soit pas altérée. Dès que le sang cesse de circuler, il se coagule ; il se coagule également dans les aspérités accidentelles qui se produisent à la surface interne des vaisseaux sanguins, lésions des orifices et des valvules du cœur, lésions athéromateuses de la surface interne des artères, etc.

Ces coagulations sont des dépôts de fibrine, qui grossissent insensiblement et se détachent accidentellement, sous l'influence d'une violente contraction du cœur. Elles voyagent dans le système artériel, sous le nom d'*embolus*, et vont oblitérer une artère, de volume variable, qui ne peut plus nourrir la région dans laquelle elle se distribue, *embolie artérielle*. Des caillots veineux peuvent produire aussi des *embolies veineuses*, qui traversent le cœur et vont oblitérer des rameaux de l'artère pulmonaire (infarctus).

La vitesse du mouvement du sang est rapide, puisqu'il fait le tour du circuit en trente secondes. Cette vitesse est due aux con-

(1) Bordeu (Théophile de), né en 1722 à Iseste (Basses-Pyrénées), mort en 1774. L'un des plus brillants précurseurs de Bichat. Publia des recherches sur les glandes, le tissu muqueux et l'organe cellulaire (tissu conjonctif de nos jours).

tractions du cœur (70 en moyenne par minute) qui lance 70 ondées par minute dans les artères, qu'elles dilatent, qu'elles distendent partout en même temps (pouls).

Les coagulations en *feuillets fibrineux*, qui se produisent dans les anévrysmes, sont probablement dues à ces deux causes réunies, ralentissement de la circulation dans la tumeur et absence d'une surface lisse, endothéliale, à la surface interne du *sac anévrysmal* (fig. 671).

Par la circulation, le sang porte aux tissus, non seulement les

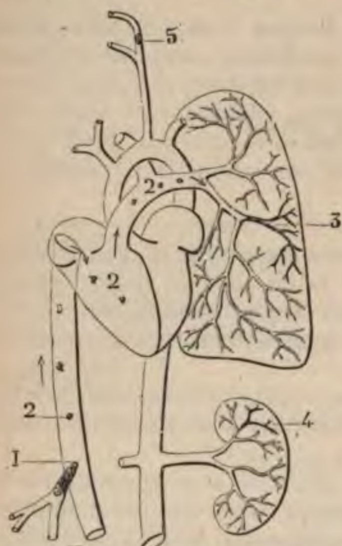


Fig. 670. — Schéma montrant le mécanisme des embolies, des infarctus et des abcès métastatiques (d'après Virchow).

1, extrémité d'un caillot veineux faisant saillie dans une veine d'un calibre supérieur (le caillot peut être entraîné par le courant sanguin et aller obstruer un rameau de l'artère pulmonaire). — 2, 2, 2, parcelles du caillot enlevées par le courant veineux. Ces parcelles constituent les *embolies veineuses*. — 3, infarctus formé par l'oblitération d'un département vasculaire de l'artère pulmonaire par des caillots, et pouvant se transformer en abcès métastatique. — 4, infarctus du rein déterminé par de petites parcelles du caillot 1, ayant traversé les capillaires du poumon et le système artériel. — 5, embolie dans une artère cérébrale. Les points noirs, 2, 2, 2, représentent l'embolus détaché par le courant veineux.



Fig. 671. — Caillots dans les anévrysmes.

1. anévrysme fusiforme. — 2, cavité de l'artère. — 3, tunique externe. — 4, couches de fibrine stratifiées.

matériaux de la respiration (oxygène) et de la nutrition (aliments), mais encore les *médicaments* et les *poisons*. Plus le sang est abondant, plus ils sont dilués, et plus lente est leur action.

Le médecin ne doit pas ignorer cela, et il doit savoir qu'un médicament agira plus énergiquement sur un individu dont une cause

quelconque aura diminué la masse du sang. Il faut deux fois plus de poison pour tuer un animal après l'absorption d'un bon repas qu'il n'en faut pour tuer un animal du même poids à jeun (Cl. Bernard).

Le sang en circulation est formé d'un liquide, *plasma*, et de *cellules*, ou *globules*, qui nagent dans le plasma. On donne encore au plasma le nom de *liquor*, et à l'ensemble des cellules celui de *cruor*.

Le sang au repos. — Lorsque le cœur cesse de battre, ou lorsque le sang est extrait des vaisseaux, au contact de l'air, le phénomène de la coagulation se produit. Le sang se sépare en deux parties, une masse d'un rouge noirâtre, le *caillot*, et un liquide jaune citrin, dans lequel il nage, le *sérum*.

Le caillot est formé par la fibrine coagulée et les globules qui y sont emprisonnés. Le sérum n'est autre chose que le plasma, moins la fibrine ; il est formé par l'eau du sang contenant un certain nombre de matériaux en dissolution.

Quantité de sang. — La quantité de sang contenue dans les vaisseaux varie d'un instant à l'autre, et l'on comprend qu'un homme qui vient d'absorber plusieurs verres de liquide augmente d'autant la masse de son sang. La quantité de sang diminue pendant le sommeil et surtout pendant l'abstinence. Néanmoins, en tenant compte de ces variations, et en calculant la masse du sang sur les animaux à jeun, on a trouvé les chiffres suivants sur divers animaux.

Sur un homme de taille moyenne, le poids du sang est la treizième partie du poids du corps (Bischoff, d'après des expériences sur des suppliciés) ; autrement dit, un homme de taille moyenne possède un peu moins de 5 litres de sang, exactement 4 700 grammes pour un homme de 65 kilogrammes.

Le sang d'un chien représente la dix-septième partie du poids de son corps ; celui du cheval la dix-huitième partie ; celui du mouton la vingt-quatrième et celui du lapin la trente et unième.

Un homme peut perdre, sans succomber, 2 à 3 litres de sang, et plus, pourvu que ce liquide ne s'écoule pas rapidement, comme cela a lieu après la section d'une grosse artère.

Le sang se répare très vite, et ici il faut distinguer. Il est certain qu'on peut arriver à perdre par des hémorragies lentes 7 à 8 litres de sang, mais, dans ces cas, le sang se renouvelle à mesure qu'il s'écoule. Ce n'est pas un sang normal avec ses globules normaux, mais un sang aqueux ; autrement dit, l'eau du sang se renouvelle vite sous l'influence des boissons.

Couleur. — Le sang est rouge d'une mani[illegible] Il est d'un rouge vermeil dans les artères, parce [illegible]nt

chargés de l'oxygène que le sang a pris aux poumons pour le porter aux tissus. Le sang veineux est noir parce que les globules sanguins ont abandonné l'oxygène. La couleur normale du sang est noire, il ne devient rouge que par l'action de l'oxygène.

Densité et consistance. — Le sang normal marque 1060 à l'aréomètre. Un litre de sang pèse 943 grammes. Ce liquide est fluide, légèrement visqueux. Il est tellement modifié dans certaines maladies, comme le *choléra*, qu'il devient poisseux et entrave la circulation des capillaires.

Saveur et odeur. — Le sang a une saveur salée ; cela se comprend puisqu'il contient 4 grammes de chlorure de sodium par litre, en moyenne. Il a une odeur *sui generis*, variable avec les espèces animales. En y versant un peu d'acide sulfurique, on y développe une odeur qui rappelle celle de la sueur de chaque espèce animale.

Réaction. — Le sang est *alcalin*. Son alcalinité est due aux carbonates et aux phosphates alcalins qu'il renferme. Pour neutraliser 100 grammes de sang, il faut y ajouter 50 centigrammes d'acide acétique.

Il est nécessaire que le sang soit alcalin ; sans cette condition, il ne pourrait pas prendre l'acide carbonique, produit de désassimilation des tissus ; cet acide se fixe sur les carbonates et phosphates alcalins dont il complète la saturation.

Composition chimique du sang.

Dans le plasma vivant, on trouve, à l'état de dissolution ou de suspension, des globules, de la fibrine, de l'albumine, des sels minéraux, de la graisse, du sucre, de l'urée, des matières extractives et des gaz.

Sang	Cruor ou globules	Globules rouges desséchés Globules blancs (1 : 833 Hayem)	137 gr.
	Plasma ou liquor	Eau	780 —
		Fibrine concrète	3 —
		Substances albuminoïdes diverses	70 —
		Sels minéraux	8 à 10 —
			1 000 gr.
		Graisse . . . . Sucre . . . . Urée et matières extractives diverses	quantités variables
		Gaz du sang	oxygène acide carbonique

Si l'on pèse séparément les globules frais, on constate qu'il y en a 446 grammes dans un litre de sang.

Les substances albuminoïdes peuvent être présentées ainsi :

Substances albumineuses du sang	*Plasmine* (précipitable par le chlorure de sodium).	*Fibrine concrète* spontanément coagulable . . .	3	23
		Fibrine dissoute (précip. par le sulfate de magnésie	20	
	Sérine (coagulable par la chaleur)			50
	Caséine, *paraglobine* (précipitables par quelques gouttes d'acide)	quantités variables		27
	Albuminose ou *peptone* (isolable par dialyse).			
				100

Pour obtenir les *globules* non altérés, on ajoute du sulfate de soude au sang, qu'on défibrine et qu'on filtre ensuite. Le sulfate de soude empêche la déformation des globules par l'eau.

Pour se procurer du *sérum*, on laisse le sang se coaguler ; le caillot nage dans le sérum.

Pour recueillir la *fibrine*, on bat le sang avec un petit balai ou avec une fourchette, au moment où il sort de la veine ; la fibrine s'attache aux brins du balai. C'est Ruysch qui a indiqué le premier ce moyen aux médecins, déjà connu probablement des bouchers.

Pour obtenir la *couenne*, ou *caillot incolore de fibrine*, on maintient le vase, dans lequel le sang est reçu, à une température de 0°, qui empêche la coagulation du sang ; les globules descendent, et si on élève légèrement la température, la fibrine se coagule et forme un caillot incolore. On peut encore se servir du sang du cheval dont les globules sont lourds et la coagulation très lente.

Globules du sang.

Les cellules innombrables suspendues dans le plasma sont de deux sortes : les *globules rouges* ou *hématies*, et les *globules blancs* ou *leucocytes*.

Globules rouges (hématies).

Volume. — Les globules rouges sont extrêmement petits, ils ont, en moyenne, 7 μ.

Forme. — Ils ont la *forme* de disques aplatis à faces concaves, autrement dit, de lentilles bi-concaves ; leur épaisseur est de 2 μ.

Couleur. — Ils ont une *couleur* rouge lorsqu'ils sont en masse; les globules isolés ont une teinte jaune orangé légèrement verdâtre.

Élasticité. — Ils sont doués d'une grande *élasticité*. Celle-ci se manifeste en diverses circonstances, notamment quand un globule traverse un capillaire d'un diamètre inférieur au sien propre. On voit le globule s'allonger, s'étirer, prendre la forme d'un boudin, et reprendre sa forme primitive lorsqu'il passe dans un capillaire plus large.



Fig. 672. — Globules du sang de la grenouille (d'après Mathias Duval).

a, globules vus de face. — *b*, *c*, vus de profil. — globule blanc avec mouvements amiboïdes. — *p*, hématoblaste. — *h*, *n*, globulins.

Viscosité. — Ces corpuscules sont légèrement *visqueux*. Les liquides fixateurs, comme une solution d'acide osmique leur font perdre cette viscosité. Lorsque le sang est immobile, les globules se groupent et adhèrent entre eux par leurs faces, de manière à former des colonnes, des piles. Ce phénomène est dû à une sorte d'attraction physique qu'ils exercent les uns sur les autres, et à leur viscosité. Traités par les liquides fixateurs, ils perdent cette tendance à s'empiler.



Fig. 673. — Globules sanguins. A droite de la figure ils sont isolés; les uns sont aplatis et reposent sur une face, d'autres sont obscurs au centre, tandis qu'une troisième variété présente une partie centrale transparente. Ces différences tiennent au point du foyer auquel on les considère. — A gauche de la figure, les globules se sont empilés les uns sur les autres en plusieurs points. On aperçoit aussi deux leucocytes et quelques globulins (hématoblastes ?) (Grossissement, 250 diamètres.)

Nombre. — On admet qu'il y a cinq millions de globules rouges dans un millimètre cube de sang. Un gramme de sang, c'est-à-dire un centimètre cube, contenant 1 000 millimètres cubes, il existe donc 5 000 000 $\times$ 1 000 dans un gramme = 5 000 000 000. Or, cinq litres de sang, quantité contenue en moyenne dans le

corps humain, pèsent environ 5 000 grammes. De sorte qu'un homme de taille moyenne possèderait 5 000 000 000 de globules $\times$ 5 000, c'est-à-dire 25 000 000 000 000, c'est-à-dire 25 trillions.

Structure. — Le globule est une cellule formée d'un protoplasma spécial, *sans enveloppe* et *sans noyau*. Ce protoplasma spécial a reçu le nom de *globuline;* il renferme une matière colorante, l'*hémoglobine*.

Globuline. — Appelée aussi *stroma*, la globuline renferme quelques rares granulations très fines. Elle est insoluble dans l'eau. Elle se coagule par l'ébullition et dans l'alcool.

Hémoglobine. — Cette matière colorante imbibe le stroma du globule dont elle peut être séparée. L'*eau* a la propriété de dissoudre l'hémoglobine, et de laisser le stroma tellement incolore qu'on n'aperçoit plus les globules. Mais, si on ajoute de la glycérine à la préparation, on les voit réapparaître ; l'iode et la fuchsine, qui colorent les matières albuminoïdes, les font réapparaitre également.



Fig. 674. — Globules sanguins (Grossissement. 400).

1, globules rouges de l'homme vus de face ; l'un d'eux parait elliptique, parce qu'il est vu presque de profil. — 2, globules blancs ou leucocytes. — 3, deux globules rouges vus complètement de profil. — 5, trois globules de grenouille. — 4, les mêmes vus de profil.

On peut séparer la globuline et l'hémoglobine : défibrinez du sang de poulet, additionné d'un volume égal de solution de chlorure de sodium au dixième. Agitez pendant quelques instants, les globules s'agglutineront en une masse visqueuse incolore qui est la globuline. L'hémoglobine a été enlevée par l'eau.

On peut également recueillir l'hémoglobine, mais l'opération ne réussit qu'avec le sang de certains animaux, le cobaye et le chien par exemple. On peut procéder de deux manières ; ou bien on agite du sang défibriné dans l'éther, ou bien on congèle le sang et on le réchauffe brusquement. Dans les deux cas le sang devient transparent, un peu visqueux, et l'hémoglobine, qui a abandonné les globules, est dissoute dans le sérum. Quelques heures après, le sang se prend, et forme une sorte de caillot. On trouve alors des *cristaux microscopiques* d'hémoglobine, parfois visibles à l'œil nu. La forme de ces cristaux diffère selon les espèces animales; chez le chien, ce sont de longs prismes à quatre faces; ils forment des trièdres chez le cobaye.

Composition de l'hémoglobine. — L'hémoglobine a la composition des matières albuminoïdes, et renferme de l'oxygène, de

l'hydrogène, de l'azote, du carbone, du soufre et de l'acide phosphorique. Elle contient en outre 0,45 p. 100 de *fer*.

Elle peut être dédoublée en une substance albuminoïde pure, *globine*, et en une substance ferrugineuse, *hématine*.

L'*hématoïdine* se montre sous forme de cristaux rouges dans les anciens foyers hémorragiques ; c'est de l'hématine ayant perdu une partie de son fer.



Fig. 675. — Cristaux d'hémoglobine du sang de chien.

Les globules rouges chez les animaux. — Les globules rouges sont *caractéristiques des vertébrés;* l'amphioxus est le seul qui n'en possède pas. Les invertébrés ont un sang blanc, c'est-à-dire de la lymphe.

Tous les *mammifères*, qui sont *vivipares*, excepté la famille des Caméliens (chameau, dromadaire, lama, alpaca), ont des globules semblables à ceux de l'homme, c'est-à-dire bi-concaves, discoïdes et sans noyau.

Dimensions. — Cobaye, marmotte, lapin, singe, comme l'homme (7 μ) ; éléphant (9 μ, 4) ; lion (8 μ) ; chien (6 μ, 7) ; cheval (6 μ, 5) ; mouton et bœuf (5 μ, 5) ; chat (5 μ) ; chèvre (4 μ, 5) ; chevrotin de Java (2 μ).

Tous les autres vertébrés, qui sont *ovipares*, ont des globules à noyaux, globules nucléés, comme l'embryon des mammifères. Ils sont bi-convexes, elliptiques, à noyau (*oiseaux*, *poissons*, *amphibiens* ; 15 μ de long sur 7 μ de large chez l'oiseau ; 22 μ sur 15 μ chez la grenouille, 35 μ chez le triton, 80 μ chez le protée). Excep-

tons la lamproie, *cyclostome*, dont les globules à noyau sont discoïdes.

Le protée possède 35 000 globules rouges par millimètre cube de sang, le triton 80 000, les poissons 200 000 à 700 000, la grenouille 400 000 et les oiseaux 2 000 000.

Hayem admet chez l'homme des petits globules ayant 6 μ et des gros globules ayant 8 μ,5.



Fig. 676. — Divers types de globules (Mathias Duval).

1, globule de l'homme. — 2, du chameau. — 3, du pigeon. — 4, du protée. — 5, du triton. — 6, de la grenouille. — 7, du cobitis. — 8, de la lamproie. — En *a* les globules sont vus de face, en *b* ils sont vus de profil.

Coagulation du sang. — Le sang de l'homme et des animaux, extrait des vaisseaux, se coagule et forme un *caillot*. Cette coagulation est extrêmement lente dans les canaux sanguins, ce qui paraît tenir au contact de l'endothélium vasculaire (Brucke).

Chez le cheval, la coagulation du sang, hors des vaisseaux, est très lente, même à la température ambiante, et les globules sont lourds. Si on prend une veine jugulaire interne pleine de sang, et si on la suspend par un fil, après en avoir lié les deux bouts, le sang ne se coagule que très lentement. On remarque que les globules rouges, plus lourds, se déposent à la partie inférieure ; les globules blancs et les hématoblastes forment ensuite une couche régulière, entre les globules rouges et le plasma. On peut alors séparer les trois couches par deux nouvelles ligatures.

Il existe dans le plasma du sang une substance, une variété de globuline, appelée *fibrinogène*. La coagulation est due au

dédoublement de cette substance ; mais cette coagulation n'est pas spontanée, elle doit être provoquée. Ce qui le prouve, c'est que les liquides qui contiennent du fibrinogène, comme celui de l'hydrocèle, ne se coagulent pas si on n'y ajoute pas du sang.

Si la coagulation n'est pas spontanée, quel est l'agent du dédoublement du fibrinogène ? C'est un ferment contenu dans le sang, le *fibrin-ferment*. Ce ferment n'est pas en liberté, on suppose qu'il est combiné aux éléments cellulaires suspendus dans le plasma et qu'il se dégage au moment de la mort de ces éléments.



Fig. 677. — Coagulation du sang.

1, 1, hématoblastes, centres de la coagulation. — 2, 2, réticulum fibrineux.

Il est démontré que le fibrin-ferment n'existe ni dans le plasma ni dans les globules rouges, mais bien dans les globules blancs. Dans l'expérience de la veine jugulaire interne, que je viens de citer, si on prend la couche intermédiaire, formée par les globules blancs, et qu'on la mélange au liquide de l'hydrocèle, celui-ci se coagule aussitôt, tandis que les autres couches sont sans action sur cette coagulation.

Ce ne sont pas précisément les globules blancs qui agissent, mais bien les hématoblastes qui sont situés dans la même couche, ainsi que l'a démontré le professeur Hayem.

Dans la coagulation, il se forme des filaments minces qui ont une disposition spéciale. Ils constituent un réseau à mailles serrées. Ces filaments partent, en divergeant, de petits centres ou nœuds. Ces centres d'irradiation sont formés par des amas de corpuscules qui ont été considérés comme des globules blancs, mais que Hayem a démontré être des *hématoblastes*.

Les hématoblastes ont donc la propriété, en mourant, de provoquer le dédoublement du fibrinogène, qui produit la coagulation de la fibrine.

Globules morts. — Le globule rouge n'est *vivant* qu'autant qu'il roule dans le torrent circulatoire, remplissant ses fonctions de commissionnaire, se chargeant d'oxygène à la surface pulmonaire et le transportant à tous les tissus. Si les globules s'arrêtent, ou s'ils sortent des vaisseaux, ils s'altèrent, *ils meurent*.

Leur viscosité se manifeste, ils s'empilent comme des pièces de monnaie superposées. Ils se ratatinent et se hérissent sur leurs bords ; ils prennent un aspect *crénelé*, ils semblent couverts d'épines.

Toutes les substances qui leur enlèvent l'eau leur donnent

l'aspect crénelé. Mais, si on les place dans un liquide de même densité que le plasma du sang, autrement dit dans un *sérum artificiel*, ou dans la solution physiologique (chlorure de sodium 8 à 9, eau 1 000) ils conservent leur forme. Ils la conservent également dans l'*urine*, surtout dans l'urine sucrée des diabétiques.

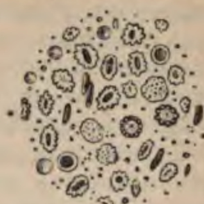


Fig. 678. — Globules sanguins ayant pris l'aspect crénelé hors des vaisseaux (250 diam.).

Fonctions des globules rouges. — Les globules rouges sont les organes essentiels de la respiration. Cette fonction a lieu dans l'intimité des tissus, au niveau du réseau capillaire sanguin. L'appareil respiratoire n'est qu'une machine dont le but est le transport de l'oxygène vers le sang et le rejet de l'*acide carbonique*, déchet gazeux des éléments anatomiques.

La surface des lobules pulmonaires, où a lieu l'échange entre l'acide carbonique et l'oxygène a été évaluée à 200 mètres carrés. Sur cette vaste surface, l'oygène de l'air traverse la paroi des capillaires pulmonaires et se fixe sur les globules pendant que le plasma du sang exhale l'acide carbonique. L'oxygène se combine avec l'hémoglobine du globule, *oxyhémoglobine*, auquel il communique une belle couleur rouge vermeil.



Fig. 679. — Réseau capillaire de la surface interne du lobule pulmonaire.

Cette quantité colossale de globules (5 millions par millimètre cube), chargés d'oxygène, descend rapidement vers le cœur, qui les lance, par ses contractions, dans toutes les directions. Pendant leur voyage du poumon aux divers tissus, à travers le cœur, il s'écoule une demi-minute environ. Dans les tissus, l'oxygène traverse la paroi du capillaire sanguin, atteint les cellules de l'organisme, les réchauffe, en y produisant des oxydations, dont la principale est la formation de l'acide carbonique. Celui-ci pénètre dans les capillaires sanguins et lymphatiques, se dissout dans le plasma, et se rend aux poumons, où il est exhalé comme déchet gazeux des tissus.

Telle est la fonction des globules rouges du sang, telle est la respiration. On appelle *hématose* la transformation du sang veineux en sang artériel, donnant l'acide carbonique et prenant l'oxygène.

Cette fonction est troublée, ou supprimée, toutes les fois que

l'oxygène éprouve de la difficulté à pénétrer jusqu'à la surface respiratoire, jusqu'au réseau capillaire pulmonaire : strangulation, immersion, accumulation du mucus bronchique dans les voies respiratoires, corps étrangers du pharynx, tumeurs du larynx, atrésie du larynx, etc., ou lorsqu'un gaz irrespirable prend la place de l'oxygène, en se répandant dans l'air : asphyxie par le gaz acide carbonique produit par le charbon en combustion. Certains poisons ont une grande affinité pour les globules rouges, par exemple l'oxyde de carbone, qui se fixe sur les globules et qui ne se laisse pas déplacer par l'oxygène (Cl. Bernard, 1855). L'oxyde de carbone est donc le poison spécial du globule rouge du sang.

L'oxygène se fixe sur les globules et se combine avec l'hémoglobine pour former de l'*oxy-hémoglobine*, composé peu stable. Il suffit de mettre le sang dans le vide pour en séparer l'oxygène. On peut retirer environ 15 centimètres cubes d'oxygène de 100 centimètres cubes de sang.

L'oxy-hémoglobine donne au sang une belle couleur rutilante, qu'il perd dans le réseau capillaire, où l'oxygène sort des vaisseaux.

Vie des globules rouges.

Les globules rouges, dont le rôle est de transporter l'oxygène du poumon aux tissus, naissent, se multiplient et meurent.

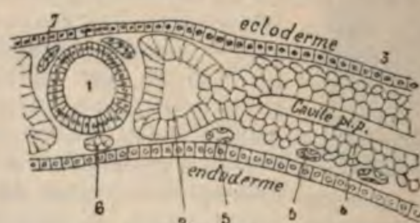


Fig. 680. — Coupe de la plaque embryonnaire au deuxième jour de l'incubation, côté droit.

1, canal neural. — 2, prévertèbre. — 3, somatopleure doublant l'ectoderme. — 4, splanchnopleure doublant l'endoderme. — 5, 5, ilots de Wolff. — 6, corde dorsale. — 7, ganglions rachidiens.

La *formation des globules* ou *hématopoïèse* (de *ayma*, αἷμα, sang et *poiésis*, πόιησις, fabrication) peut être divisée en trois périodes. Dans la première, les globules prennent naissance dans l'*area vasculosa ;* dans la deuxième période qui suit immédiatement la première, ils naissent dans certains organes et tissus embryonnaires, comme le foie, la rate et le tissu conjonctif embryonnaire, etc. Dans une troisième période, ils se forment aux dépens des hématoblastes.

a. **Première période**. — Aucun organe n'est encore formé chez l'embryon. On constate la présence des premiers globules sanguins, après vingt heures d'incubation chez le poulet. Ils apparaissent d'abord dans les îlots de Wolff.

Les *îlots de Wolff* sont de petites masses de cellules embryonnaires qui végètent à la face profonde de l'endoderme, au contact du mésoderme. Ce sont les *germes vasculaires* de Vialleton, ou *berceaux des globules sanguins* de Kölliker.

Ils se montrent, dans l'aire opaque, sous forme de taches qui ne tardent pas à se réunir, à s'anastomoser, par des traînées de cellules, qui forment des sortes de cordons. Les cellules embryonnaires des îlots de Wolff et celles des cordons qui les unissent se différencient rapidement en deux sens; les plus excentriques s'aplatissent, se juxtaposent par leurs bords, et leur noyau devient ovalaire.



Fig. 681. — Formation des globules sanguins dans l'*area vasculosa* du poulet (d'après Pouchet).

I, endoderme. — M, îlot de Wolff dans le mésoderme. — *b*, cellule superficielle devant former l'endothélium des capillaires. — *a*, globules sanguins formés par les cellules centrales de l'îlot. — *c*, futurs globules sanguins ayant encore la forme des cellules mésenchymateuses. — *d*, cellule endothéliale de la paroi du capillaire.

C'est ainsi que se forme la paroi d'un vaisseau capillaire. Les capillaires communiquent ensuite, de manière à former un réseau. Pendant que la paroi endothéliale des capillaires se forme, les cellules centrales des îlots de Wolff et des cordons deviennent libres et constituent les premiers globules sanguins, globules nucléés, dont le protoplasma élaborera bientôt de l'hémoglobine. Tel est le mode de formation des premiers globules sanguins dans l'area vasculosa, *hématies embryonnaires nucléées*, ou *érythroblastes* de Lœwit. L'area vasculosa est située sur la face externe de la vésicule ombilicale, c'est-à-dire de la portion extra-fœtale de l'endoderme.

Du côté de l'embryon, le cœur, qui n'est, au début, qu'un capillaire, se forme de la même manière aux dépens de cellules végé-

tantes de la face profonde de l'endoderme. Ces cellules s'aplatissent comme dans les îlots de Wolff, mais elles ne produisent pas de globules sanguins. Le plasma apparaît en même temps que la lumière du vaisseau.

Le cœur est d'abord un tube capillaire, à parois endothéliales; il ne contient pas de globules, mais il en recevra un peu plus tard, lorsqu'il communiquera avec l'area vasculosa par un réseau capillaire.

b. **Deuxième période**. — La deuxième période correspond au moment de l'évolution des organes embryonnaires. Comme dans le cas précédent, les globules se forment parallèlement au développement des parois des capillaires.

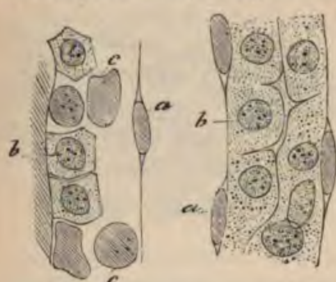


Fig. 682. — Formation des globules sanguins dans la deuxième période, d'après un dessin de G. Pouchet.

a, *a*, cellules embryonnaires superficielles s'aplatissant pour former la paroi du capillaire. — *b*, *b*, cellules centrales devant se détacher pour former les globules rouges nucléés. — *c*, globules non nucléés nouvellement formés.

La formation des globules a été constatée, dans l'épiploon de lapins âgés de quelques jours, par Ranvier, en 1874; dans le foie de l'embryon par Neumann, et par Kuborn en 1890, et dans la rate embryonnaire par Laguesse en 1890.

Travaux de Ranvier. — Sur l'épiploon embryonnaire du lapin, Ranvier a constaté des *taches laiteuses* formées par une agglomération de cellules ayant tous les caractères des leucocytes. Les unes sont traversées par des capillaires, *taches laiteuses vasculaires*, les autres n'ont pas encore de vaisseaux, *taches laiteuses non vasculaires*. Au milieu des cellules qui constituent ces taches, on trouve d'autres cellules, pourvues de noyaux, qui s'aplatissent pour former la paroi d'un capillaire, et auxquelles Ranvier a donné le nom de *cellules vaso-formatives*. Avant le moment où le réseau capillaire, indépendant, se met en communication avec le réseau capillaire général, on voit naître des globules rouges dans l'épaisseur des cellules vaso-formatives, d'où ils se détachent pour être entraînés, mêlés aux autres globules, dans le torrent circulatoire. Ranvier pense que les cellules vaso-formatives sont des transformations des leucocytes qui constituent la tache laiteuse.

Origine hépatique des globules. — Pendant l'évolution des capillaires du foie, on voit se former sur leurs parois, en face des

noyaux, de petites masses de protoplasma contenant des noyaux. Ces masses, qui s'insinuent entre les cellules hépatiques, d'origine mésodermique, constituent des *pointes d'accroissement* telles que nous les avons vues en étudiant le développement des capillaires. Ces masses protoplasmiques, qui végètent des parois capillaires, sont des *bourgeons vasculaires vaso-formatifs*, ou *cellules géantes*, du foie embryonnaire. Pendant que la paroi du capillaire se constitue, on voit se détacher, de l'intérieur même de ces masses, de petits corpuscules hyalins, nucléés, qui deviennent des globules rouges (Neumann).

Il est à remarquer que chez les ruminants (moutons) dont l'embryon n'a pas encore atteint une longueur de trois centimètres, les jeunes globules rouges sont nucléés. Dès que l'embryon a acquis une longueur de trois centimètres, il ne se forme plus que des globules sans noyau, tels qu'ils existent à l'état adulte (Kuborn).

Origine splénique des globules. — Les travaux de Malassez (1882), de Pouchet et de Laguesse (1890), ont prouvé que la rate fournit aussi des globules. Il y a plus de globules rouges dans le sang de la veine splénique que dans le sang de l'artère (Malassez et Picard).

Laguesse, étudiant le développement de la rate de la truite, a montré que parmi les cellules mésenchymateuses qui constituent les premiers rudiments de la rate, il existe des cellules arrondies qui revêtent promptement les caractères de la variété de leucocyte appelée lymphocyte, c'est-à-dire ayant un gros noyau et une mince couche de protoplasma. Ces cellules se différencient de deux manières, les unes forment de *vrais leucocytes*, les autres des *hématoblastes nucléés*.

Le mode d'évolution des globules, pendant cette deuxième période, a reçu le nom de *formation endogène*, en raison de la production des globules dans l'intérieur des cellules vaso-formatives.

c. **Troisième période**. — Lorsque l'évolution des capillaires embryonnaires est terminée, la formation des globules a lieu par transformation des hématoblastes venus de la rate et de la moelle des os.

Hématoblastes. — Quand on examine le sang au microscope, on constate, entre les globules, la présence de petits corpuscules, dont le nombre augmente considérablement après une saignée et pendant la menstruation chez la femme. Donné les signala en 1838 et les appela *globulins*. Zimmermann les retrouva en 1846 et les nomma *corpuscules élémentaires*. Max Schultze, en 1865, les

décrivit sous le nom de *petits amas de corpuscules incolores*. En 1878, ils furent étudiés par Hayem, qui les nomma *hématoblastes* et qui montra leur transformation en globules rouges. Ces corpuscules furent désignés en 1881, par Bizzozero, sous le nom de *plaquettes sanguines*.

D'après Pouchet, qui a bien étudié les hématoblastes de l'homme, ces éléments ont une longueur variable de 2 μ à 4 μ; leur largeur varie de 1 μ à 3 μ. Ils sont presque incolores, avec une légère teinte jaune verdâtre. Ils sont *dépourvus de noyau* chez les vivipares (mammifères). Ils sont très vulnérables et ils se détruisent dès que le sang est extrait des vaisseaux. Pour les observer, il faut

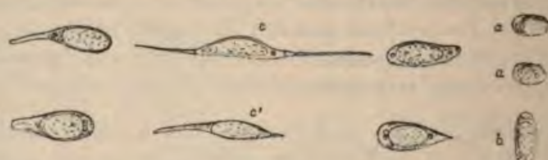


Fig. 683. — Hématoblastes nucléés de la grenouille, préparés dans le sérum iodé (d'après Hayem).

a, *a*, *b*, formes les moins altérées. — *c*, *c'*, hématoblastes devenus très pointus après un certain séjour dans le réactif.

les fixer par l'acide osmique, les dessécher très rapidement, ou bien les examiner à une température de 0°. Ils ont normalement la forme d'une lentille biconvexe, mais souvent ils sont piriformes, riziformes, en raquette, etc. Ils s'accolent les uns aux autres et ils s'attachent aux brins des balais dont on se sert pour défibriner le sang

Un millimètre cube de sang en renferme 275 000 en moyenne (Hayem).

Hayem a constaté toutes les formes de transition entre les hématoblastes et les globules rouges; il a signalé, entre autres, une forme de *globules nains*, récemment formés, s'altérant très facilement et se déformant en devenant biconvexes ou sphériques.

Hématoblastes à noyau. — Les hématoblastes sont pourvus de noyaux chez les *ovipares*, dont les globules rouges sont nucléés.

Origine des hématoblastes. — On admet aujourd'hui l'opinion de Neumann et de Malassez, qui font jouer à la moelle des os un rôle important comme *organe hématopoïétique*.

Dès 1868, Neumann avait signalé la fonction hématopoïétique de la moelle des os. En 1880, Bizzozero et Torre confirmèrent cette opinion. Les cellules originelles des globules rouges sont remarquables par un noyau volumineux entouré d'une mince couche de

protoplasma, et semblables à des *lymphocytes*. Malassez les désigne sous le nom de *cellules de Neumann*. On les a encore appelées *hémo-leucocytes*, *cellules hémoglobiques* et *hématoblastes* (Hayem).

Toutes les moelles ne sont pas aptes à produire des hématoblastes. C'est surtout la moelle rouge des jeunes sujets qui les fournit. Plus tard, la moelle devient graisseuse et n'est nullement hématopoiétique.

Neumann admettait la transformation directe des cellules de la moelle (médullocelle de Robin) en globules rouges, mais il n'expliquait pas comment disparaissait le noyau, le globule rouge étant non nucléé. D'autre part, il est difficile d'admettre la transformation en globules rouges de ces cellules beaucoup plus volumineuses. Malassez a constaté la production de bourgeons à la surface des cellules venues de la moelle des os. La substance de ces bourgeons est la même que celle du protoplasma de la cellule ; elle a la souplesse et l'élasticité de la globuline du globule rouge ; elle pâlit au contact de l'eau, et elle se laisse colorer par l'éosine.

Ces bourgeons qui se détachent un à un de la cellule, sont sphériques, piriformes, ou en raquettes. Ils sont dépourvus de noyau et représentent exactement les hématoblastes d'Hayem.

Formation des globules rouges chez les ovipares. — J'ai décrit la formation des hématies chez les *vivipares* et par conséquent chez l'homme. Chez les *ovipares*, dont les hématies sont nucléées pendant toute la vie, l'évolution est un peu différente.

Après une abondante saignée faite à une grenouille les globules rouges se reproduisent.

On n'admet pas que les globules rouges produisent d'autres globules rouges. Les nouveaux globules sont produits par les hématoblastes, comme chez les vivipares.

Les hématoblastes de la grenouille sont au nombre de 6 500 dans un millimètre cube de sang. De volume variable, ils ont en général 12 μ de long sur 8 μ de large. Presque transparents, ils ont été méconnus, et confondus avec les globules blancs.

Les hématoblastes, bien étudiés par Pouchet (1878), sont des lymphocytes désignés par cet auteur sous le nom de *noyaux d'origine*. Ces derniers, très nombreux dans le sang de grenouille, évoluent, les uns dans le sens de leucocytes mononucléaires et polynucléaires, les autres dans le sens de globules rouges.

L'évolution de ces hématoblastes se fait de préférence dans la moelle des os et dans la rate.

Multiplication des globules sanguins. — Les globules sanguins n'ont pas de noyau ; on ne peut pas comprendre la multiplication d'une cellule sans noyau ; donc les globules sanguins non

nucléés, c'est-à-dire *adultes*, ne peuvent pas se multiplier. Mais il n'en est pas de même des globules nucléés de l'embryon, qui peuvent se multiplier pendant les premières périodes embryonnaires, où il existe des cellules possédant un noyau.



Fig. 684. — Division des globules rouges de l'embryon (d'après Remak).

1, premier degré de l'étranglement. — 2, degré plus avancé. — 3, l'étranglement est prêt à se rompre (Grossissement, 350).

Dès 1841, Remak avait signalé la division directe des globules de l'embryon, par scission, comme on le voit dans la figure 684. Mais des observateurs, Van der Stricht principalement, ont récemment constaté la division des globules nucléés de l'embryon par karyokinèse. Cette division des globules s'observe surtout dans l'*area vasculosa*, dans le foie et la rate embryonnaires. Après le stade embryonnaire, les globules se multiplient par les hématoblastes.

Mort des globules rouges. — Ainsi que nous venons de le voir, les globules rouges se renouvellent très rapidement, mais leur existence paraît ne pas devoir excéder une durée de quelques semaines. Ils se dissolvent dans le plasma, après avoir diminué de volume et pris une forme plus ou moins sphérique, ou bien ils sont dévorés par les leucocytes.

Nous verrons, en étudiant la rate, que cet organe est un lieu de formation des globules rouges, en même temps qu'un lieu de destruction.

On trouve dans la rate un grand nombre de leucocytes renfermant des grains jaunes, de même nature que les globules rouges (Funke, Kölliker, 1847). On admet qu'il s'agit là d'une destruction des globules rouges par les globules blancs, d'une véritable *phagocytose*.

Le dernier mot n'est pas encore dit sur ce sujet. Les cellules d'où naissent les bourgeonnements hématoblastiques sont-elles des médullocelles ou des lymphocytes ? Comment les bourgeons détachés de ces cellules pénètrent-ils dans le système circulatoire ? Est-ce par les lacunes de la paroi endothéliale des capillaires des os ?

On n'a pas encore démontré la transformation des globules blancs en globules rouges, mais il est fort probable que les hématoblastes des vivipares proviennent des leucocytes, comme ceux des ovipares. L'avenir nous l'apprendra.

Historique. — Vers le milieu du XVII[e] siècle, Swammerdam, 1658, et Malpighi, 1661, aperçurent des corpuscules dans le sang. Malpighi crut voir des globules graisseux. En 1673, Leeuwenhoeck constata que ces éléments étaient constants dans le sang de l'homme et des autres vertébrés ; il leur donna le nom de *globules*. Sénac les étudia, en France, en 1749 et Hewson, en Angle-

terre, en 1770. Cependant Richerand, en 1807, et Magendie, en 1817, doutaient de leur existence, lorsque, en 1820, Prévost et Dumas les étudièrent de nouveau (Mathias Duval, *Précis d'histologie*).

Les *cristaux* d'hématoïdine furent découverts en 1847 par Virchow. En 1849, Reichert découvrit les cristaux d'hémoglobine. En 1851, Funke en fit une étude complète.

Pour la *numération* des globules, consulter la thèse de Malassez, 1873 ; et son article des *Arch. de physiol.*, 1874 ; Hayem *Acad. des Sc.*, avril 1874 ; et son *Traité du sang*, 1889.

Sous le rapport de la *physiologie*, les premières notions remontent à Lavoisier, seconde moitié du XVIII[e] siècle. Cl. Bernard institua des expériences remarquables au Collège de France, en 1855.

Au point de vue du développement, il faut consulter les travaux de Ranvier et d'Hayem.

Globules blancs (1).

Les globules blancs sont de petits corpuscules sphériques répandus dans le plasma sanguin, mêlés aux globules rouges. Ils sont encore appelés *leucocytes*, ou *cellules lymphatiques*, parce qu'ils forment l'unique élément anatomique de la lymphe.

Les leucocytes circulent dans le sang, mêlés aux globules rouges. Ils traversent les parois des capillaires sanguins par *diapédèse*, et se répandent dans les tissus, le tissu conjonctif principalement, dont ils forment les *cellules migratrices*. Par leurs mouvements amiboïdes, ils peuvent traverser la paroi des capillaires lymphatiques de dehors en dedans. Puis ils parcourent les vaisseaux lymphatiques, avec les leucocytes issus des ganglions ; ils cheminent avec la lymphe dont ils constituent le seul élément anatomique.

Les leucocytes se multiplient dans les ganglions, et suivent le cours des vaisseaux lymphatiques, de la périphérie au centre. Ils sont versés dans le sang veineux par la *grande veine lymphatique* et le *canal thoracique*.

(1) **Historique**. — Hewson décrivit le premier les leucocytes (1770). Ils furent étudiés plus tard par Müller (1834) et par Donné (1844).

Ces corpuscules ont été mieux étudiés depuis l'époque où l'on connut la structure des capillaires. En 1863 Recklinghausen fit savoir que le ciment intercellulaire qui unit les cellules épithéliales et endothéliales est rendu visible par l'imprégnation au moyen d'une solution de nitrate d'argent à 1 p. 100. En 1865, Max Schultze étudia les diverses formes de leucocytes. Dans la même année, Hoyer et Eberth découvrirent, au moyen d'une solution de nitrate au millième, que les parois des capillaires sont formées par des cellules endothéliales, dont les bords sont unis par un ciment interstitiel. Sur quelques points du ciment intercellulaire, Alferow constata la présence de petites taches. Arnold fit voir que quelques-unes de ces taches étaient des ouvertures, *stomates d'Arnold*. En 1867, Cohnheim découvrit la *diapédèse*, c'est-à-dire le passage des globules à travers la paroi des capillaires.

Depuis cette époque, de nombreux travaux ont été publiés sur les leucocytes, Max Schultze, Erhlich, Ranvier, Metchnikoff, Hayem, Denys (*Congrès de 1900, à Lille*), Sabrazès, professeur agrégé à Bordeaux (*Gazette hebdomadaire des Sc. méd. de Bordeaux*, etc., 1900, etc.).

Les leucocytes parcourent donc sans cesse un cercle formé par le cœur, le poumon, encore par le cœur, les artères, les capillaires sanguins, les interstices du tissu conjonctif, les capillaires et les troncs lymphatiques, et les grosses veines du cou qui les ramènent au cœur.

Fig. 685. — Leucocytes (d'après Ch. Robin.)

a, leucocytes normaux. — *a'*, les mêmes traités par l'eau. — *b*, leucocytes du sang d'un leucocythémique. — *b'*, leucocytes traités par l'acide acétique. — *c*, leucocytes avec expansions du protoplasma.

Comme les globules rouges, ils se chargent d'oxygène, dont ils se débarrassent dans les interstices des tissus; la lymphe s'y charge d'acide carbonique et va ensuite se revivifier dans les poumons.

Forme. — Ils sont arrondis lorsqu'ils circulent. Lorsque la circulation se ralentit, naturellement ou accidentellement (air frappant le mésentère mis à nu d'une grenouille, obstruction d'une artériole, paralysie des vaso-moteurs, etc.), on voit les globules blancs ramper contre la paroi du capillaire, y adhérer, et en sortir, en perçant la paroi au moyen des pseudopodes qui se produisent à leur surface. On dirait des animaux; ce sont, en effet, des êtres unicellulaires (1).



Fig. 686. — Deux amibes avec leurs pseudopodes. Les mouvements amiboïdes des leucocytes sont identiques à ceux des amibes.

Nombre. — Dans un millimètre cube de sang, il y a 6 000 leucocytes mêlés à 5 000 000 de globules rouges, c'est-à-dire 1 pour 833 (Hayem).

Chez la poule, un millimètre cube de sang contient 26 000 leucocytes ; il y en a 10 000 chez le chien et le lézard, 9 000 chez le cheval, 7 000 chez le chat, 5 000 chez la grenouille, 5 000 chez le cochon d'Inde (Hayem).

(1) Les mouvements amiboïdes ne peuvent s'observer qu'à une température voisine de celle de l'animal, pour les animaux à sang chaud, vers 36°. A 40°, les mouvements s'arrêtent, la cellule devient sphérique, et le noyau apparaît nettement.

Ces proportions sont variables selon une foule de circonstances. Les leucocytes sont plus abondants dans l'enfance, pendant la grossesse, dans certaines maladies.

On donne le nom de *leucocytose* à l'augmentation des globules dans les maladies. Dans certains cas, cette leucocytose est excessive et constitue à elle seule la maladie appelée *leucémie*.

Aspect. — Le leucocyte vivant est formé, d'après Max Schultze, d'une masse de protoplasma nu, c'est-à-dire sans membrane d'enveloppe.



Fig. 687. — Globules blancs, leucocytes (250 diam. Bennet).



Fig. 688. — Leucocytes, après l'action de l'acide acétique, qui a éclairci le protoplasma, de sorte qu'on aperçoit les noyaux irréguliers (Gr. 250).

Le *noyau* ne peut pas être aperçu sur les leucocytes vivants, à cause de l'opacité du protoplasma, excepté chez les animaux à leucocytes très transparents, comme l'axolotl du Mexique (Ranvier). Chez la grenouille, qui a des globules blancs un peu transparents, on aperçoit le noyau au moment où la cellule s'aplatit pendant ses mouvements amiboïdes.

Chez l'homme, on aperçoit le noyau lorsqu'on les traite par l'eau ou l'acide acétique qui gonfle les leucocytes et les rend transparents.

Le noyau est très apparent sur les leucocytes morts, tels que les globules du pus, car les globules purulents ne sont que des globules blancs exsudés, extravasés, c'est-à-dire des globules *morts*.



Fig. 689. — Globules de pus venus par diapédèse, et par prolifération des corpuscules du tissu conjonctif.

1, 2, couche de tissu avec cellules lymphatiques. — 3, ils deviennent plus nombreux. — 4, ce sont des globules purulents.

Diapédèse. — Le phénomène de la diapédèse, du grec *diapeiro*, διαπειρω, je transperce, consiste dans le passage des leucocytes à travers la paroi des vaisseaux capillaires, sanguins et lymph

tiques. Il a été découvert par Cohnheim, sur les capillaires du mésentère d'une grenouille rendue immobile par une injection de *curare*. L'air enflamme le péritoine, les globules blancs s'accumulent en certains points de la surface interne des capillaires, des artérioles et des veinules. On voit alors une saillie sur la surface externe du vaisseau. Cette saillie augmente, et enfin, on constate qu'un leucocyte est sorti du vaisseau et est devenu libre dans le tissu environnant (fig. 691).

La paroi du capillaire a été perforée par un pseudopode du globule blanc. (Nous savons que les mouvements amiboïdes des globules blancs ne se manifestent pas sur les globules en circulation, mais bien lorsque leur course se ralentit, et surtout lorsqu'ils s'arrêtent.) On peut encore observer la diapédèse après la mort de l'animal, lorsque la circulation est arrêtée (Metchnikoff).

Le globule blanc passe à travers le ciment interstitiel qui unit les cellules endothéliales des



Fig. 690. — Leucocytes de la lymphe d'une écrevisse (d'après Renaut).

A, leucocyte fixé par un réactif avec ses pseudopodes. — B, leucocyte dont les pseudopodes sont rentrés. — C,D, leucocyte granuleux. — E, leucocyte englobant une granulation. — 2, vacuole. — 1, surface des leucocytes. — 2, protoplasma. — 3, phagocytose.

capillaires; mais on constate aussi qu'il traverse parfois, de part en part, la cellule endothéliale des capillaires, et quelquefois aussi la paroi des artérioles et des veinules. Je donne le nom de *diapédèse vasifuge* à ce mode de diapédèse, de dedans en dehors.

Le globule blanc pénètre de la même manière, par diapédèse dans les capillaires lymphatiques, de dehors en dedans. J'appellerai *diapédèse vasipète* ce mode de pénétration. Il peut même perforer les cellules d'endothélium et celles des épithéliums vrais (fig. 693).

Les leucocytes en liberté, hors des capillaires, ont des mouvements amiboïdes très énergiques. Les uns rentrent dans les capillaires lymphatiques (*diapédèse vasipète*), les autres se répandent dans le tissu conjonctif, dont ils forment les *cellules migratrices*. Si quelque globule rouge s'est échappé à leur suite, par l'orifice qui a donné passage aux globules blancs, ceux-ci le saisissent au moyen de leurs pseudopodes; ils l'incorporent dans leur propre substance, et ils le digèrent. Ces faits ne sont contestés par personne aujourd'hui.

Cellules migratrices. — Puisque les leucocytes *migrateurs* sont de petites masses de protoplasma ayant un noyau, comme les animaux unicellulaires auxquels on les compare, il ne peut répugner à l'esprit d'admettre que le corps de l'homme et des animaux contient une quantité considérable de petits animalcules répandus dans leurs tissus, voyageant dans tous les sens, se glissant entre les éléments anatomiques dans un but de conservation de l'individu.

Ces petits *animaux unicellulaires*, se déplaçant comme les amibes et rampant comme eux au moyen de *pseudopodes*, sont emportés par le torrent circulatoire. Dès que le courant se ralentit et qu'ils parcourent lentement la voie des capillaires, on les voit



Fig. 691. — Passage des leucocytes à travers les parois d'un capillaire (d'après Arnold).


Fig. 692. — Diapédèse d'un leucocyte à travers la paroi d'un capillaire dont le sang est immobile (Metchnikoff).



Fig. 693. — Cellules fenêtrées de l'appendice iléo-cœcal du lapin, montrant quel degré de bizarre déformation peuvent acquérir certaines cellules perforées par les leucocytes.

A, cellule à plateau strié. — B, C, cellules fenêtrées. — 1, plateau. — 2, noyau de la cellule. — 3, plateau basal. — 4, cellule lymphatique engagée dans une cavité de la cellule fenêtrée.

développer leurs pseudopodes et sortir de ces vaisseaux en s'insinuant à la manière d'une vrille entre deux cellules endothéliales, et même à travers la paroi des cellules, pour retrouver leur liberté et leurs mouvements après leur sortie des vaisseaux.

Une fois libres, ils parcourent les tissus, se glissent dans les in-

terstices du tissu conjonctif, et pénètrent jusque dans l'épaisseur des couches épithéliales, dont ils écartent les cellules, à travers le ciment intercellulaire.

Nombreux sont ceux de ces animalcules qui viennent à la surface des muqueuses, à l'affût des microbes inoffensifs, ou pathogènes, qu'ils sont prêts à dévorer. Ces animalcules *phagocytes* ne dévorent pas les microbes à la surface des muqueuses seulement, mais ils exercent encore leur action destructive dans l'épaisseur des tissus, comme on le voit dans les ecchymoses et les épanchements sanguins, dont ils mangent les globules extravasés.

Après avoir détruit les globules rouges, les leucocytes rejettent leurs débris au dehors sous forme de pigment. Lorsque, au moyen de leurs pseudopodes, ils captent un globule rouge, ils le morcellent, se l'incorporent, et le digèrent; puis ils rejettent ses débris au dehors dans le tissu conjonctif. Recklinghausen a montré que les leucocytes se comportent de même à l'égard des grains inertes de carmin, de cinabre, ou de bleu d'aniline. Si l'on injecte sur la peau du dos d'une grenouille du cinabre de Chine délayé dans l'eau, on remarque, au bout de quelques jours, que les grains de cinabre ont été transportés dans presque tous les tissus du corps de l'animal. On constate que les leucocytes sont gorgés de grains de cinabre.

Le *liseré de Burton*, liseré bleuâtre du bord des gencives chez les saturnins, est formé par des cellules lymphatiques chargées de sulfure noir de plomb, dont elles se débarassent dans les espaces de tissu conjonctif.

Le dépôt de pigment, après destruction des globules rouges, se fait sur place, ce qui explique la pigmentation de la peau à la suite d'une ecchymose. La disparition de la pigmentation est due à ce que de nouveaux leucocytes parcourant la région se sont éloignés du pigment. Les leucocytes entraînés par la circulation lymphatique déposent parfois leur pigment dans les ganglions.

Diverses espèces de leucocytes. — Il faut avouer qu'il existe un peu de confusion dans les diverses classifications qui ont été proposées; j'ai étudié les cellules lymphatiques (1) d'une manière toute spéciale; voici le résultat de mes observations.

On peut affirmer que les leucocytes n'ont pas tous la même composition chimique, puisqu'ils se comportent différemment avec les réactifs colorants employés.

Tous les leucocytes sont nucléés. Les uns ont un noyau, les au-

(1) Quelques auteurs pensent que les leucocytes passent d'une forme à une autre, tandis que Ehrlich, Denys, etc., soutiennent que ce sont des espèces différentes, distinctes et indépendantes.

tres en ont plusieurs, d'où la division naturelle en deux espèces : les *mononucléaires* et les *polynucléaires*.

Les *mononucléaires* ont tous un noyau arrondi ; leur protoplasma n'a pas de granulations ; ils proviennent des ganglions, des follicules clos, de la rate, etc. Ils sont petits ou grands, d'où deux variétés de mononucléaires : les *petits mononucléaires* et les *grands mononucléaires*.

Les *polynucléaires* ont un noyau polymorphe, leur protoplasma contient des granulations variables. Ils forment trois variétés : les *polynucléaires neutrophiles*, les plus importants ; les *éosinophiles* ou *acidophiles*, et les *basophiles*, d'une moins grande importance. On pense qu'ils viennent de la moelle des os, d'où le nom, donné par quelques auteurs, de *myélocytes*.

1re *variété*. **Petits mononucléaires** ou **lymphocytes**. — Selon Ehrlich, ils forment le quart de la masse totale des leucocytes (1 lymphocyte pour 2 000 hématies) ; selon Hayem, la dixième partie seulement (1 lymphocyte pour 833 hématies). Ils ont un diamètre moyen de 6 à 7 μ (fig. 694 en haut).



Fig. 694. — Leucocyte d'après Metchnikoff.

Le plus petit est un lymphocyte. Celui de droite est un gros leucocyte mononucléaire. Celui de gauche un polynucléaire, le meilleur des phagocytes.

Ce sont de petites sphères à protoplasma transparent, non granuleux, à noyau tellement volumineux que le protoplasma est réduit à une couche presque invisible.

Les lymphocytes sont très abondants dans les ganglions lymphatiques. On les a longtemps désignés sous le nom de *globulins ;* Robin les appelait *noyaux libres* du sang et de la lymphe, parce qu'il n'avait pas aperçu la couche de protoplasma qui les recouvre.

Les lymphocytes correspondent aux *mononucléaires opaques et colorés* d'Hayem.

Les lymphocytes naissent dans le tissu lymphoïde, ou réticulé, des ganglions, de la rate, des follicules clos, etc.

Ils ne dégagent pas de substance bactéricide.

Ils n'ont pas de mouvements amiboïdes et ils ne sont pas phagocytes.

La multiplication pathologique des lymphocytes donne lieu à la variété de *leucémie* appelée *lymphémie*.

2e *variété.* **Grands mononucléaires.** — Ces corpuscules peuvent atteindre 20 μ, deux fois et demie le diamètre des hématies (Hayem). Leur protoplasma, transparent, est à peu près dépourvu de granulations. Le noyau, volumineux, rond ou ovalaire, possède un nucléole (fig. 694 à droite). Ils correspondent à la première variété d'Hayem.

Ils se multiplient par karyokinèse. *Ils ont des mouvements amiboïdes*, et ils sont *phagocytes*.

Les grands mononucléaires, abondants dans le sang sont difficiles à compter, parce qu'on rencontre des éléments intermédiaires aux petits et aux grands. D'autre part, on trouve de grands mononucléaires avec noyau déformé, en bissac, en forme de cœur, de rein ou de fer à cheval, ce qui fait supposer que ce sont des formes de transition entre les mononucléaires et les polynucléaires. Ils ont la même origine que les précédents. Ce sont de gros lymphocytes.

3e *variété.* **Polynucléaires neutrophiles.** — Ces leucocytes ne se laissent colorer que par des colorants neutres, formés d'un mélange de colorants acides et de colorants basiques d'aniline. C'est pour cela qu'on les a appelés neutrophiles.

Ils sont plus abondants dans le sang et dans la lymphe que les deux variétés précédentes réunies. Ils mesurent 9 μ à 9 μ 5. Ils ont un *protoplasma* granuleux et un *noyau* long et sinueux, souvent en forme de boudin (Ranvier), présentant parfois des excroissances, sortes de petits bourgeons, et quelquefois divisé en plusieurs fragments.

Les *granulations* du protoplasma sont, les unes fines et albuminoïdes, les autres graisseuses, teintes en noir par l'acide osmique. Le protoplasma renferme encore de la matière glycogène diffuse, que l'iode colore en *brun acajou*, réaction caractéristique.

Les neutrophiles occupent le premier rang dans la lutte du sang contre les microbes. Leurs mouvements amiboïdes sont très énergiques. Ce sont les plus voraces des leucocytes phagocytes (fig. 694 à gauche).

Metchnikoff fait remarquer que ce sont les leucocytes les plus actifs de l'organisme, ceux qui sortent le plus souvent des vaisseaux par diapédèse. Ils deviennent *cellules migratrices*.

Les neutrophiles abandonnent à la trituration une *substance bactéricide* très active. Il en existe de différents volumes, de sorte qu'on décrit de *petits neutrophiles* et de *grands neutrophiles*.

C'est en raison de la facilité avec laquelle ils sortent des capillaires qu'on les trouve en abondance dans le pus.

4e et 5e *variété.* **Polynucléaires éosinophiles et basophiles.** — A

côté des leucocytes polynucléaires neutrophiles, si abondants dans le sang, on trouve quelques polynucléaires, dont le protoplasma contient de nombreuses et volumineuses granulations, se comportant différemment avec les colorants. Ces polynucléaires sont les *éosinophiles* et les *basophiles*.

a. Les *éosinophiles*, ou *acidophiles*, ne laissent colorer leurs granulations que par les colorants d'aniline acides, surtout par l'éosine qui les colore fortement, et la fuchsine acide.

On les appelle aussi *leucocytes de Semmer*, du nom de l'auteur qui les a le mieux décrits. Ehrlich leur a donné le nom d'*éosinophiles*.

Leur structure et leurs dimensions sont les mêmes que celles des neutrophiles. Parfois, cependant, leur noyau est formé de deux petites masses réunies par un filament.

Ils ont des mouvements amiboïdes obscurs, et ne sont pas phagocytes, ce qui laisse supposer que leurs granulations n'ont pas été englobées par les pseudopodes, mais qu'elles ont été élaborées dans leur propre protoplasma.

Neusser, 1892, a constaté l'augmentation des éosinophiles dans le sang, et leur présence dans les bulles des malades atteints de pemphigus. Selon Leredde et Perrin, l'*éosinophilie* caractérise une affection pemphygoïde, la *dermatite herpétiforme*. On n'est pas fixé sur l'origine des éosinophiles des bulles de pemphigus. Elles naîtraient dans la peau, selon Neusser et Kille ; elles seraient dues à une action chimiotaxique du sang, selon Ehrlich et Bettmann.

Bettman a rencontré des éosinophiles dans les vésicules de l'eczéma, de l'herpès labial et de la varicelle, dans les phlyctènes des brûlures et des vésicatoires (*Münchener medicin. Wochens.*, vol. XL).

b. Les *basophiles*, rares dans le sang humain, atteignent parfois le volume des plus gros polynucléaires. Leurs granulations ont une très faible affinité pour les colorants. La thionine les colore en violet plus ou moins foncé. Ils sont également colorés par le bleu de méthylène. On les nomme leucocytes *basophiles* parce qu'ils ne fixent que les couleurs dites *basiques*. Les basophiles sont les *Mastzellen* des auteurs allemands. Leur noyau est volumineux, souvent découpé, se colorant difficilement.

Classification des leucocytes.

Leucocytes mononucléaires (lymphocytes).	Petits mononucléaires, ou lymphocytes proprement dits. Grands mononucléaires.

Leucocytes polynucléaires (myélocytes).	Polynucléaires neutrophiles. — éosinophiles ou acidophiles. — basophiles.

Voici la classification de Denys :

Lymphocytes, provenant exclusivement du tissu lymphatique (ganglion, rate, follicules, etc.).	Lymphocytes d'Ehrlich. Mononucléaires d'Ehrlcih.	
**Myélocytes*, provenant de la moelle rouge des os.	neutrophiles éosinophiles basophiles	embrassant aussi bien les formes normales que les formes pathologiques.

Origine des leucocytes. — Dans les premières phases embryonnaires, le sang ne contient que des *érythroblastes*, se transformant insensiblement en hématies, et il n'existe pas de leucocytes.

Selon Van der Stricht, de Gand, les leucocytes apparaissent plus tard. Ils sont formés par des cellules mésodermiques, mésenchymateuses, de vraies *cellules migratrices*, qui pénètrent dans les capillaires, en traversant leurs parois, de dehors en dedans, c'est-à-dire par *diapédèse vasipète*.

Dans l'état actuel de la science, on admet que les leucocytes, lorsque les organes de l'embryon ont acquis un certain développement, proviennent de divers organes hématopoiétiques : 1° des organes formés de tissu lymphoïde ou réticulé, tels que *ganglions lymphatiques*, *follicules de la muqueuse intestinale*, auxquels on rattachera peut-être plus tard le *thymus;* 2° de la *moelle des os* et de la *rate*.

Origine des leucocytes dans les ganglions. — Il existe un plus grand nombre de leucocytes dans la lymphe des lymphatiques efférents des ganglions que dans celle des lymphatiques afférents. On pense que ceux des vaisseaux afférents se multiplient dans le ganglion, qui donne naissance à des *lymphocytes*, petits corpuscules ayant un gros noyau et une mince couche de protoplasma (voy. *Lymphocytes*). Flemming a constaté, dans les ganglions, de nombreuses divisions de ces éléments par karyokinèse, ce qui n'empêche pas la division directe d'avoir lieu également.

Origine des leucocytes dans la moelle des os et dans la rate. — En 1868, Neumann constata le rôle hématopoiétique de la *moelle des os* chez les mammifères. Dix ans plus tard, Bizzozero et Torre publièrent leurs travaux sur le même sujet, mais dans la moelle des oiseaux. En 1882, Malassez publia ses recherches sur le sang des reptiles, des batraciens et des oiseaux (voy. p. 852).

Selon Malassez, des cellules identiques aux lymphocytes naissent par bourgeonnement des cellules de la moelle; il les nomme cellules de Neumann. Ces cellules sont de jeunes hématoblastes qui évoluent dans le sens de *leucocyte polynucléaire* ou d'*hématie nucléée*, chez les animaux à globules rouges nucléés.

On appelle encore *myélocytes* les leucocytes venus de la moelle des os.

Dans la rate, il y a aussi production de jeunes globules d'hématoblastes. Dans la rate des vivipares, Malassez a trouvé des leucocytes ayant pris les caractères de cellules de Neumann et présentant, à leur surface, des bourgeons qui se détachent sous forme d'hématoblastes non nucléés, comme dans la moelle des os. Phisalix (Thèse, 1885) a constaté, dans la rate des poissons, toutes les formes de transition entre les lymphocytes (cellules de Neumann), et les hématoblastes nucléés, comme dans la moelle des os.

Nous verrons plus tard (voy. *Rate*) que cet organe est aussi un organe destructeur des globules rouges, devenus impropres à leur fonction. Cette destruction a lieu par *phagocytose*, les globules blancs englobant et s'assimilant la substance des globules rouges.

La double fonction *hématopoiétique* et *lymphopoiétique* de la rate a été observée par Laguesse, en 1890, sur des embryons de truite (vivipare). Il a constaté la transformation directe des *lymphocytes* de la rate en *leucocytes* et en *hématoblastes nucléés*.

Fonction des globules blancs. — Le plasma du sang sera longtemps *inanalysable*, étant donné le nombre infini de substances que son plasma renferme. On sait aujourd'hui que le sang est le premier, le principal de nos agents défensifs, par son plasma et par ses globules blancs.

C'est dans son plasma que s'élaborent les *antitoxines* (1), qui doivent annihiler et neutraliser les *toxines* sécrétées par les microbes. La sérothérapie dans la diphtérie, le tétanos, la pneumonie, la fièvre typhoïde, etc., en sont la démonstration la plus éclatante. Les antitoxines ne peuvent agir que dans le sang qui a conservé son *alcalinité* physiologique. Il est probable que le sang, dont l'alcalinité a diminué, n'est plus aussi propre aux actes intimes de la nutrition et à la formation des antitoxines. C'est pourquoi la diminution de l'alcalinité du sang favorise les infections, comme on le voit chez les surmenés, les rhumatisants, les brightiques, les diabétiques, etc.

(1) On suppose que les antitoxines sont une production des *glandes closes* ou vasculaires sanguines. Elles ont pour rôle physiologique de détruire certains poisons résultant de l'exercice de la vie et produits par la désassimilation des éléments anatomiques (Voy. *Corps thyroïde* et *Capsules surrénales*).

Il est probable que la diminution de l'alcalinité dans le surmenage est due à la production d'acide lactique, résultant de l'exagération du travail musculaire (voy. *Rein* pour l'élimination des toxines et des substances toxiques).

Mais le rôle défensif le plus important est dévolu aux globules blancs, aux leucocytes.

Des cellules, si nombreuses et si variées, provenant de la moelle des os, des ganglions lymphatiques, de la rate, etc., doivent jouer un rôle important.

On n'est pas bien fixé sur les fonctions des divers leucocytes. On sait le rôle qu'ils jouent dans la production du pus, on connaît le rôle des monucléaires et des polynucléaires dans la phagocytose, mais on n'a pas encore pénétré leur destinée ultérieure. Nous avons encore beaucoup à apprendre relativement à la vie de ces corpuscules.

Phagocytes. — N'oublions pas que certains leucocytes doués de mouvements amiboïdes énergiques, sont *phagocytes*, c'est-à-dire qu'ils s'emparent, avec leurs pseudopodes, des petits corpuscules qui se trouvent à leur portée et qu'ils incorporent dans leur propre substance (globules sanguins, microbes, etc.). D'autres éléments celluleux peuvent être *phagocytes*.

Il y a des phagocytes fixes et des phagocytes mobiles.

Les *phagocytes fixes* détruisent les microbes qui se présentent à leur portée. Ce sont les *clasmatocytes* du tissu conjonctif, les cellules endothéliales des *capillaires* du *foie*, du *poumon*, etc.

Les *phagocytes libres, ou mobiles*, véritables défenseurs de l'organisme, peuvent être comparés à des combattants aussi aptes à l'attaque qu'à la défense. Dans la lutte contre les microbes, ils sont capables de se porter en grandes masses, véritable corps d'armée, sur les points attaqués, ainsi que l'a démontré Metchnikoff. Laveran et Kelsch ont montré l'action de la phagocytose dans la fièvre paludéenne; les phagocytes dévorent les hématozoaires qui infectent le sang.

Les leucocytes phagocytaires, *défenseurs de l'organisme*, se composent d'éléments d'inégale valeur. Les travaux récents attribuent aux *polynucléaires* une importance prépondérante dans la lutte. Les *mononucléaires* jouent également un grand rôle dans le phénomène de la phagocytose ; (les polynucléaires et les mononucléaires englobent les microbes et les digèrent avec leurs toxines).

Mais les *lymphocytes* et les *éosinophyles* d'Ehrlich sont de faibles combattants, incapables de jouer le rôle de phagocytes (E. Calmette, *Bulletin médical*, 28 août 1898).

Il résulte des expériences de Metchnikoff, de Roux et de Salim

béni (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1896), que les phagocytes saisissent les vibrions du choléra et qu'ils les digèrent ainsi que leurs toxines.

La capture et la digestion des microbes et de leurs toxines par les phagocytes donne à l'individu l'*immunité* contre les maladies. Partout où l'immunité est menacée, les phagocytes se portent en masse ; ils s'attaquent aux microbes et à leurs toxines.

Le rôle destructeur des phagocytes est démontré par l'expérience suivante : injectez un mélange émulsif de *toxine tétanique* et de substance nerveuse dans la cuisse d'un cobaye ; il meurt parce que les phagocytes de la cuisse absorbent difficilement la substance nerveuse ; la toxine est absorbée ; mais, si vous injectez le mélange toxique dans le péritoine, l'animal ne meurt pas ; les gros leucocytes mononucléaires se bourrent du mélange émulsif et absorbent en même temps la toxine tétanique qui n'a plus d'action nocive (Calmette).

Vincent (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, 1897), complétant les travaux de Laveran et de Kelsch, a démontré qu'au moment où les hématozoaires de la *fièvre intermittente* envahissent le sang, les leucocytes augmentent presque instantanément (leucocytose) pour dévorer les hématozoaires. Ces leucocytes paraissent venir du foie et de la rate.

Salimbéni a montré avec quelle rapidité se fait la destruction des microbes dans le tissu sous-cutané des animaux supervaccinés ; il a également montré la rapide disparition des microbes de la diphtérie, du choléra et de l'érysipèle dans un *organisme rigoureusement adapté à la défense par l'immunité*.

Les leucocytes, agents thérapeutiques. — Les sels de fer et d'argent introduits dans le sang par l'absorption sont saisis par les leucocytes mononucléaires et polynucléaires. (Metchnikoff). Les leucocytes s'emparent également des préparations mercurielles, ce qu'on démontre en analysant la couche de leucocytes dans le sang rendu incoagulable par l'extrait de sangsue (Henri Stassano, *Acad. des Sciences*, 24 oct. 1898).

Multiplication des leucocytes. Leucocytose. — L'histoire des leucocytes étant toute récente, on ne doit pas s'étonner si les auteurs ne s'accordent pas sur certains points. Ranvier admet que les leucocytes se multiplient par *division directe* ou *acinétique*. Spronk a constaté, chez le lapin principalement, la division des leucocytes par *karyokinèse* ou *division cinétique*. D'après quelques auteurs, les *mononucléaires* se multiplieraient spécialement par karyokinèse.

Dans une foule de maladies, surtout dans les maladies infectieuses, les leucocytes du sang augmentent en proportions variables.

Cet accroissement des leucocytes, qui peut être très rapide, fut désigné par Virchow sous le nom de *leucocytose pathologique*.

La leucocytose pathologique a pour but la destruction des microbes pathogènes. En effet, prenez un pneumonique. Si la *pneumonie* doit guérir, il y a *hyperleucocytose*, c'est-à-dire augmentation considérable des leucocytes. Si le malade doit succomber, il y a au contraire *hypoleucocytose*, c'est-à-dire diminution des leucocytes; ceux-ci ne sont pas assez nombreux pour dévorer les microbes pathogènes.

Il n'en est pas ainsi dans l'*érysipèle*. L'hyperleucocytose, ainsi que le professe Chantemesse, est en rapport avec la gravité de la maladie (*Presse médicale*, 1899).

Il y a également une leucocytose au début de la *fièvre typhoïde* et de la *diphtérie* (Stiénon).

Besredka (*Annales de l'Institut Pasteur*, 1898), a constaté une forte leucocytose chez les enfants diphtéritiques en voie de guérison. Le lendemain des injections du sérum antidiphtérique, la leucocytose augmente considérablement. Dans les cas graves, mortels, les globules blancs n'augmentent pas.

Ces *leucocytoses pathologiques* sont souvent difficiles à comprendre. Au *Congrès de Lille*, 1899, Sicard et Guillain ont signalé l'*hyperleucocytose* du côté paralysé chez un *hémiplégique* et, en même temps, des granulations abondantes dans le sang, bien distinctes des hématoblastes, et paraissant en rapport avec la destruction des globules blancs ou avec des troubles vaso-moteurs.

Lymphocytose dans la *méningite tuberculeuse*. — Les lymphocytes se montrent parfois dans des régions où il n'en existe pas à l'état normal. Le liquide céphalo-rachidien ne renferme aucun élément figuré à l'état normal, mais si l'on recueille un peu de liquide par une ponction lombaire, dans la *méningite tuberculeuse*, on y trouve une grande quantité de lymphocytes et quelques leucocytes *polynucléaires* (Widal, Sicard et Rabaud. *Presse méd.*, oct. 1900).

Leucémie. — La *leucocytémie*, ou *leucémie*, est une maladie dans laquelle on constate une augmentation considérable des globules blancs (Virchow, 1845). Quand l'excès de production des leucocytes vient des ganglions, on lui donne le nom de *lymphémie* ou *leucémie lymphatique*; si la cause réside dans la moelle des os, on l'appelle *myélémie* ou *leucémie médullaire* (Ehrlich).

Récemment, (*Soc. de Biol.*, 16 mars 1900), Widal et Merklem ont communiqué un cas de *leucémie lymphocytique* dans laquelle il y avait *pullulation* des lymphocytes. Il y avait 89 p. 100 de lymphocytes contre 11 p. 100 des autres variétés.

A l'autopsie, la rate pesa 1460 grammes, le foie 2400, et la moelle des os était presque entièrement convertie en lymphocytes, ainsi que le tissu des ganglions.

Dans la leucémie, la multiplication par karyokinèse continue à s'opérer dans le sang, contrairement à ce qui a lieu à l'état normal. On considère cet accroissement considérable des leucocytes comme un effort puissant pour lutter contre quelque trouble de l'économie. Pourquoi se développe-t-il tantôt des lymphocytes, tantôt des myélocytes? C'est ce que nous saurons peut-être plus tard.

Dans la leucémie, les *polynucléaires basophiles*, très rares dans le sang normal, sont très abondants. On y constate des leucocytes anormaux, qu'on ne trouve pas dans le sang normal, tels que les *leucocytes gigantesques* d'Hayem, ou *gros myélocytes* d'Ehrlich, à noyau se colorant difficilement, et à fines granulations se comportant tantôt comme les neutrophiles, tantôt comme les éosinophiles. Lazarus a signalé, dans l'*anémie extrême* et dans l'*anémie post-hémorragique*, des *mononucléaires très volumineux*.

ARTICLE II

LYMPHE

La lymphe, ou sang blanc, est le liquide transparent qui remplit à l'état normal, et d'une manière permanente, les vaisseaux lymphatiques. Les vertébrés, en outre de la circulation sanguine, ont une circulation lymphatique, qui transporte le sang blanc. Les invertébrés n'ont pas de sang rouge ; ils n'ont que de la lymphe en circulation (hémolymphe). Il est probable que les leucocytes jouent chez eux le même rôle que les globules rouges chez les vertébrés.

La lymphe est un *tissu liquide*, au même titre que le sang, tissu dans lequel les cellules mobiles sont séparées par une substance intercellulaire liquide. Le mot *lymphe* vient du latin *lympha*, eau (claire comme de l'eau).

Propriétés physiques. — Il est difficile d'apprécier la *quantité* de lymphe contenue dans le système lymphatique, celle-ci variant d'un moment à l'autre selon l'état de repos ou d'activité des organes. M. Colin a obtenu, sur un cheval, 42 kilogrammes de lymphe en vingt-quatre heures, soit 105 grammes par kilogramme de poids de l'animal. On admet cependant qu'un animal renferme la douzième partie environ de son poids de lymphe.

Il ne faudrait pas croire que les sujets dits *lymphatiques* ont plus de lymphe que les autres ; on l'avait supposé autrefois, à cause de la pâleur générale des tissus, mais, histologiquement, on ne sait pas en quoi consiste le *tempérament lymphatique ;* on doit se contenter d'en analyser les symptômes.

La *densité* de la lymphe est de 1 045. Sa *saveur* est légèrement salée, son *odeur* est nulle.

La lymphe est *transparente*, et quoiqu'on la dise claire comme de l'eau, sa vraie couleur est jaune pâle ou jaune citron, comme on le voit sur les sujets qui portent des fistules lymphatiques. Le liquide fourni par ces fistules devient opaque, lactescent même, lorsque les muscles des régions qui donnent naissance aux lymphatiques sont en activité. On trouve alors des granulations graisseuses dans la lymphe. Lorsque la lymphe est rosée, elle contient des globules rouges du sang, qui se sont mélangés accidentellement à ce liquide (Robin).

La lymphe, *dans les vaisseaux*, est homogène et un peu visqueuse. *Hors des vaisseaux*, elle se coagule au bout d'un quart d'heure environ. La plasmine de la lymphe donne naissance à la fibrine, qui forme un réticulum, un caillot, comme la fibrine du sang. Elle diffère de cette dernière par sa rétraction moins complète et moins rapide. De plus, le caillot est très petit, blanchâtre et mou (1 000 grammes de lymphe fournissent 40 grammes de caillot).

Vue *au microscope*, la lymphe laisse voir, au milieu d'une matière amorphe liquide, des *corpuscules lymphatiques* (*lymphocytes*, *cellules lymphatiques*, *corpuscules de la lymphe*). Je dois dire cependant qu'ils existent dans tout le système lymphatique, mais qu'ils sont d'autant plus nombreux qu'on les observe plus près du canal thoracique.

Propriétés chimiques, analyse. — La lymphe est alcaline, mais elle l'est moins que le sang ; il faut 0,37 centigrammes d'acide lactique pour rendre neutres 100 grammes de lymphe ; il en faut, au contraire, 0,50 centigrammes pour neutraliser 100 grammes de sang.

L'alcalinité de la lymphe est due à la présence du carbonate de soude ou de potasse, et à une petite quantité de phosphate de soude basique (Robin).

Les analyses suivantes de Schmidt et de Wurtz sont relatives, la première à la lymphe du cou d'un poulain nourri de foin, les deux autres à celle d'un taureau et d'une vache en pleine digestion.

SCHMIDT (*poulain*).

Eau	955,36
Fibrine	2,18
Albumine / Graisse / Matières extractives	34,90
Chlorure de sodium	5,67
Autres sels	7,73
Soude	1,27
Potasse	0,16
Acide sulfurique	0,09
Acide phosphorique	0,02
	1007,38

WURTZ (*taureau*).

Eau	938,97
Fibrine	2,05
Albumine	50,90
Graisse	0 42
Sels	7,63
	999,97

WURTZ (*vache*).

Eau	955,38
Fibrine	2,20
Albumine	34,76
Graisse	0,24
Sels	7,41
	999,99

La lymphe renferme de l'urée provenant de la désassimilation des éléments anatomiques. Wurtz y a trouvé de la leucine et de l'urée en plus forte proportion que dans le sang. Robin signale 5,50 p. 1 000 d'urée, de glycose et de principes cristallins d'origine organique, et 3,50 p. 1 000 de peptone.

De plus, la lymphe renferme des gaz : oxygène, azote, acide carbonique.

Les substances qui entrent dans la composition de la lymphe sont sujettes à des variations, les *matières grasses* particulièrement; celles-ci peuvent atteindre la proportion de 30 p. 1000. On conçoit, en effet, qu'au moment de la digestion, la lymphe du canal thoracique peut être surchargée de graisse, puisque le chyle est directement versé dans le canal thoracique par les *lymphatiques chylifères*.

La lymphe des lymphatiques du foie renferme un millième environ de sucre (Cl. Bernard). La lymphe renferme d'autant plus de principes immédiats solides qu'on remonte davantage vers le canal thoracique.

Cours de la lymphe. — Le système lymphatique est toujours rempli de lymphe. Ce liquide chemine régulièrement des capillaires lymphatiques vers les troncs, et de ceux-ci vers la base du cou, où il se mélange au sang veineux. Les ganglions lymphatiques, que la lymphe traverse, ne retardent pas son cours d'une manière sensible.

La circulation lymphatique présente beaucoup d'analogie avec la circulation veineuse. Dans ces deux circulations, le liquide passe des capillaires dans les troncs par la force dite *vis a tergo ;* à mesure que les capillaires se remplissent, la lymphe qui y pénètre pousse au-devant d'elle, vers les troncs lymphatiques, celle qui s'y trouvait déjà.

Dans les troncs lymphatiques, les causes accessoires de la circulation sont nombreuses : 1° la *contraction des parois des vaisseaux* (constatée par M. Colin sur les chylifères du bœuf, et par d'autres physiologistes sur d'autres animaux) ; 2° la *respiration* agissant comme dans la circulation veineuse, c'est-à-dire l'activant pendant l'inspiration, la retardant pendant l'expiration ; 3° les compressions extérieures, surtout la *contraction musculaire* ; 4° enfin la *tension artérielle* sur laquelle je vais m'expliquer bientôt.

La *vitesse* du cours de la lymphe serait de 4 millimètres par seconde (Weiss).

La *pression* de la lymphe sur les parois des vaisseaux, autrement dit la *tension lymphatique*, sur des animaux anesthésiés, a été trouvée de 11^{mm},39 de mercure (Weiss).

Origine de la lymphe. — Les lymphatiques prennent naissance dans l'épaisseur des tissus et dans la couche sous-épithéliale de la peau et des muqueuses. Ils affectent des rapports intimes avec les capillaires sanguins.

La lymphe est produite par le sang (1) et par les tissus ; elle est formée, d'une part, par du plasma du sang extravasé hors des vaisseaux, pendant les phénomènes de nutrition, et n'ayant pas servi à la nutrition des éléments anatomiques. D'autre part, il est très probable que ce liquide renferme quelques-uns des matériaux de désassimilation des éléments anatomiques, car la paroi des capillaires lymphatiques, uniquement formée d'une couche de cellules endothéliales, est éminemment disposée pour admettre, non seulement les liquides qui baignent sa surface extérieure, mais encore les leucocytes qui traversent de dehors en dedans la paroi des capillaires lymphatiques.

Je compare volontiers l'appareil lymphatique aux *tubes de drainage* qu'on place dans la terre d'un champ pour en faire écouler l'eau qui l'imbibe. Les lymphatiques sont de véritables *tubes de drainage* destinés à faire rentrer dans le sang la portion de plasma sanguin transsudé et n'ayant pas servi à la nutrition.

Action de la tension sanguine. — En arrivant aux capillaires sanguins, le plasma sanguin prend deux voies différentes, la voie veineuse et la voie lymphatique. Il passe dans les veines en vertu de la *vis a tergo ;* il passe dans les lymphatiques, en vertu de la

(1) Expérience prouvant que le plasma de la lymphe dérive du plasma du sang : injectez du ferrocyanure de potassium dans une veine, recueillez la lymphe par une fistule lymphatique, vous obtiendrez la formation de bleu de Prusse en versant du perchlorure de fer dans cette lymphe.

pression que le sang exerce sur les parois vasculaires. Ce qui le prouve, c'est qu'il suffit d'augmenter cette tension pour augmenter la quantité de lymphe. Colin, Ludwig, Ranvier et Weiss ont cité des expériences qui prouvent que l'écoulement de la lymphe est en rapport avec l'augmentation de la tension artérielle. M. Colin, sur un lymphatique de 2 millimètres de diamètre du cou d'un cheval au repos, recueille 60 grammes de lymphe par heure ; si l'on fait marcher l'animal, si l'on imprime des mouvements au cou, le même lymphatique donne 100 et même 110 grammes par heure.

Passage des matériaux du sang dans la lymphe. — Ce passage a lieu comme dans les glandes, et j'ajoute même que le capillaire lymphatique exerce sur certaines substances une action élective, comme l'épithélium des glandes. Presque tous les matériaux de la lymphe viennent du sang. En effet, l'eau du sang passe dans le capillaire lymphatique par osmose, avec les matériaux qu'elle tient en dissolution ; c'est ainsi que la fibrine, l'albumine, les sels et la graisse passent du capillaire sanguin dans le capillaire lymphatique.

Les matériaux salins passent en toutes proportions des capillaires sanguins dans les capillaires lymphatiques, mais le plasma de la lymphe contient seulement les deux tiers de la quantité de fibrine du sang et près de la moitié de son albumine.

L'analogie entre la formation de la lymphe et la sécrétion des glandes est rendue plus frappante encore par les expériences de Cl. Bernard, qui nous montrent la paroi des capillaires lymphatiques réfractaire au passage de certaines substances et favorable, au contraire, au passage de quelques autres. Ainsi, en injectant du *sucre* et de l'*iodure de potassium* dans la veine jugulaire d'un animal, Cl. Bernard a constaté que ces substances se retrouvent, après un petit nombre de minutes, dans la lymphe des lymphatiques qui accompagnent la veine jugulaire ; ce passage est rapide, car le sucre et l'iodure de potassium, avant de passer dans ces lymphatiques, ont dû traverser le cœur droit, le poumon et le système artériel. Quoique le passage de ces substances dans la lymphe soit assez rapide, elles se montrent néanmoins plus rapidement encore dans l'urine.

Le *prussiate de potasse*, injecté dans le sang, ne passe pas dans la lymphe, même lorsqu'on augmente la formation, j'allais dire la sécrétion, de ce liquide, en augmentant la tension sanguine.

Usages de la lymphe. — Nous avons vu que la lymphe formée par le plasma sanguin en excès exsudé par les [illegible] et par quelques déchets des tissus. Les lymphatiq

rôle de porter dans le sang, par le canal thoracique et la veine lymphatique droite, ce liquide qui fera de nouveau partie du plasma sanguin. On pourrait se demander comment il se fait qu'un liquide contenant des principes de désassimilation revient au sang, qui s'en débarrasserait ensuite par les glandes. Ce détour, qui constituerait une véritable complication dans le phénomène de la sécrétion, serait en effet inexplicable si les ganglions lymphatiques n'avaient pour rôle de reconstituer, pour ainsi dire, la lymphe et de lui donner des propriétés nutritives, qu'elle n'a pas à son origine, et qu'elle possède en pénétrant dans le sang. Les ganglions ont, en effet, pour rôle, de régénérer la lymphe en lui fournissant des cellules lymphatiques, *leucocytes* ou *globules blancs*, qui sont un des éléments constituants du sang.

ARTICLE III

DES MICROBES

Le placement des microbes, dans un livre d'anatomie, n'est pas très facile. Je donne ici un résumé de ces micro-organismes, en raison de leur action sur le sang dans les *infections*.

I. — DES MICROBES EN GÉNÉRAL

Les microbes sont des organismes infiniment petits qui nous entourent de toutes parts ou que nous portons en nous, et qui, après avoir pénétré dans notre organisme, quand ils trouvent des conditions favorables à leur développement, provoquent quelquefois des troubles profonds, soit par eux-mêmes, soit par leurs produits de sécrétion.

Nature et morphologie. — On admet aujourd'hui avec M. Pasteur que les microbes, ou bactéries, doivent être rangés parmi les *végétaux* inférieurs.

Variétés. — Les microbes se présentent sous deux aspects principaux : 1° le *micrococcus;* 2° le *bacillus.*

Forme. — 1° Le *micrococcus*, nommé encore *coccus*, se présente sous la forme d'un petit point rond plus ou moins sphérique, excessivement petit, variant de 1/2 μ à 1 μ.

2° Le *bacillus* ou *bacille* a la forme d'un petit bâtonnet plus ou moins court (tuberculose), quelquefois renflé à sa partie moyenne, ou incurvé en virgule (bacille du choléra).

Tantôt sa masse est pleine et uniforme ; tantôt, au contraire, il présente sur sa longueur de petites stries transversales.

Les microbes sont des organismes excessivement petits ; il est rare que leur longueur dépasse 3 μ. C'est pourquoi ces organismes ne peuvent être étudiés au microscope qu'avec des objectifs à immersion, construits spécialement pour les études bactériologiques.

Origine. — L'origine des microbes est des plus variables ; tandis que les uns vivent naturellement dans notre organisme, les autres viennent de l'extérieur, de l'air, des eaux ou du sol (voy. *Milieux naturels*).

Propriétés vitales des microbes. — Tous les microbes naissent, vivent, se multiplient et meurent. Ils présentent donc à étudier toutes les propriétés des êtres vivants.

Il y a pour tous les microbes une *température* de prédilection dans laquelle ils vivent et se multiplient merveilleusement. A mesure qu'on s'éloigne de cette température, en plus ou en moins, leur vitalité diminue et finit par disparaître.

Respiration. — Il faut aux microbes de l'oxygène pour vivre ; mais tandis que ce gaz doit être à l'état de pureté pour certaines espèces de bactéries, il en est d'autres qui le retirent par décomposition des milieux au sein desquels elles vivent. Dans le premier cas, on dit que les microbes sont *aérobies ;* les autres sont *anaérobies*.

Sécrétions. Diastases. Ptomaïnes. — On appelle *diastases* les produits sécrétés par les microbes ; ils sont plus généralement connus sous le nom de *ptomaïnes* (Armand Gautier, Briéger). Les *ptomaïnes* jouent souvent un rôle considérable dans l'évolution des maladies.

Dans certains cas, elles sont très toxiques ; elles prennent alors le nom de *toxines ;* telle est la toxine sécrétée par le *bacille d'Eberth*, qui peut amener des accidents fort graves dans le cours de la *fièvre typhoïde*.

Mobilité. — Les microbes sont animés de mouvements excessivement lents qui s'accomplissent, tantôt dans la direction de leur grand axe, tantôt par une série d'inflexions latérales (mouvements des têtards).

II. — DES MILIEUX

Pour qu'un microbe puisse évoluer, il faut qu'il trouve un terrain propice à son développement. Ce terrain a reçu le nom de *milieu*.

A. — *Milieux naturels.*

Tous les endroits où peuvent se développer les microbes peuvent être considérés comme des milieux naturels. L'atmosphère, l'eau, le sol, les corps vivants sont des milieux naturels. Ils ont chacun leurs microbes spéciaux et nous permettent de comprendre la transmissibilité, si facile et souvent si prompte, des maladies.

B. — *Milieux artificiels.*

Les milieux artificiels ont pour but de permettre la culture des microbes *in vitro*, et par conséquent l'étude de leur développement. Ces milieux sont *solides* ou *liquides*, suivant qu'on emploie les procédés de Koch ou ceux de Pasteur.

1° *Culture dans les milieux liquides, ou procédés de Pasteur.* — Pour ces cultures, on fait usage d'une série de vases dont le plus répandu et le plus commode d'ailleurs est le *matras Pasteur*. C'est un petit ballon à fond plat, dont le col est bouché par un bouchon de verre creux effilé à sa partie supérieure en forme de petit tube permettant l'accès de l'air, mais fermé par un peu d'ouate stérilisée. Ces flacons sont remplis à moitié avec des bouillons de culture et stérilisés ensuite dans les étuves sèches ou l'autoclave.

On se sert encore journellement de simples tubes à essai qu'on remplit de bouillon de culture, qu'on ferme avec de l'ouate et qu'on stérilise par les mêmes procédés que les matras Pasteur.

Les bouillons liquides les plus employés sont les *bouillons organiques animaux*. Leur confection a été très variée Nous parlerons seulement ici des deux qu'on emploie le plus communément, le *bouillon de Miquel* et *celui de Löffler*.

2° *Cultures dans les milieux solides ou procédés de Koch.* — Cette méthode a marqué un réel progrès dans la pratique bactériologique, car elle permet de caractériser les diverses variétés de microbes par les figures que leurs colonies dessinent sur les milieux de culture. La stérilisation ne peut pas être obtenue avec les étuves sèches pour les milieux solides, qui s'altéreraient à de trop hautes températures ; il suffit de les porter trois fois à une température de 100°.

III. — ÉTUDE MICROSCOPIQUE ET TRIAGE DES MICROBES

Il est souvent utile de pouvoir reconnaître presque immédiatement l'existence des microbes, c'est ce qu'on obtient par la *coloration*. D'autre part, dans un même liquide, dans un même tissu,

on peut rencontrer une foule de bactéries réunies, qu'on a intérêt à séparer pour les étudier isolément. Cette dernière opération constitue le *triage.*

a. *Coloration.* — Un fait a frappé tout d'abord les bactériologistes : c'est la facilité et l'intensité avec laquelle les microbes fixent les couleurs d'aniline ; d'où l'application de cette propriété aux méthodes de coloration employées en technique bactériologique.

b. *Triage des microbes.* — Pour ne pas donner sur ce point des détails inutiles, nous indiquerons seulement les grandes lignes à suivre. C'est par la méthode dite des *plaques* qu'on opère ce triage. On procède de la façon suivante : dans un premier tube de gélatine on ensemence le liquide dont on veut trier les microbes ; quand la culture est faite, on ensemence un second tube avec le premier, et l'on fait de même avec le second pour un troisième, en ayant toujours soin de fondre la gélatine avant l'ensemencement. On est presque certain, par ce procédé, d'avoir isolé dans le dernier tube une seule espèce microbienne. La gélatine est alors versée sur des plaques de verre stérilisées qu'on superpose dans la chambre humide. Au bout de quelques jours, la plaque est recouverte de petits points blanchâtres isolés, représentant chacun une colonie microbienne ; chacune de ces colonies peut être ensuite ensemencée dans des milieux de culture, et l'on obtient ainsi des cultures pures.

La méthode des plaques est celle qui donne pour le triage des microbes les résultats les plus certains, surtout quand on prolonge suffisamment l'opération.

IV. — ACTION DES MICROBES SUR LES TISSUS RÉSISTANCE DE L'ORGANISME

Nous savons que les microbes nous entourent de toutes parts ; nous devons maintenant nous demander comment ils pénètrent dans nos tissus, par quelles réactions ils manifestent leur présence, et enfin quelle est la résistance qu'ils trouvent dans notre organisme. Dans son discours au Congrès de Berlin de 1890, le professeur Bouchard a résumé d'une façon magistrale l'état de la question ; nous ne saurions mieux faire que d'emprunter de nombreux détails à sa communication.

Action des microbes sur les tissus. — Les microbes, qu'ils nous viennent du dehors ou que nous les portions en nous, doivent, pour atteindre une région du corps et s'y développer, trouver

une *porte d'entrée*. La moindre érosion leur sert de voie d'introduction, qu'elle soit muqueuse ou cutanée. Une fois introduits, ils recherchent immédiatement le terrain qui favorisera leur développement. Quand ils ont trouvé ce *terrain de culture*, ils manifestent leur présence par des altérations diverses et multiples.

Pour produire des désordres organiques appréciables, il n'est pas nécessaire qu'une quantité considérable de microbes nous envahisse : quelques-uns suffisent ; à peine installés, les microbes se multiplient avec une grande rapidité. Des recherches précises faites par *Buchner* et *Riedlin* ont démontré qu'en dix heures un seul microbe cholérique pouvait engendrer un milliard de microbes semblables à lui. Les microbes agissent sur nos tissus de deux manières : 1° par eux-mêmes ; 2° par leurs produits de sécrétion.

1° *Les microbes agissent par eux-mêmes*. — En effet, ils empruntent aux tissus qu'ils envahissent les éléments nécessaires à leur alimentation, et se comportent, en somme, vis-à-vis d'eux comme vis-à-vis des milieux de culture artificiels. Les cellules fixes et surtout les cellules migratrices subissent presque immédiatement le contre-coup de leur présence. Dans une première phase, ces cellules sont irritées, et cette irritation se traduit histologiquement par des figures de karyokinèse, indices de la multiplication des cellules malades.

2° *Les microbes agissent encore sur nos tissus par leurs produits de sécrétion ou diastases*. — Leurs effets destructeurs, suivant certains auteurs, seraient même dus surtout à ce dernier mode d'action. Ces *diastases* ou *ptomaïnes*, souvent très toxiques, ont sur l'organisme une action délétère très évidente. Pour avoir une preuve du fait que nous avançons, nous rappellerons une expérience, célèbre entre mille, faite par *MM. Roux* et *Yersin* avec la ptomaïne sécrétée par le *microbe de Löffler*, dans la diphtérie. Ces auteurs ont filtré sur des filtres de porcelaine des bouillons de culture du microbe de Löffler, de façon à séparer le microbe de ses produits de sécrétion ; ils ont recueilli le liquide pur de tout microbe et l'ont inoculé à des animaux qui présentèrent, après l'inoculation, des accidents très graves, malgré l'absence du microbe pathogène.

D'autres faits du même ordre ont été observés avec d'autres ptomaïnes, et toutes ces observations ont marqué un progrès réel dans les expériences bactériologiques.

MM. Charrin et *Roger* ont pu établir quelle était l'action précise des ptomaïnes sur l'organisme.

Comme nous le verrons bientôt, nous résistons aux microbes surtout par le *phagocytisme* et par l'*état bactéricide*. Ces deux moyens de résistance s'exercent grâce à la diapédèse des globules blancs.

Les diastases sécrétées par les microbes empêchent précisément la diapédèse, non pas en agissant directement sur les leucocytes, mais en paralysant le centre vaso-dilatateur. Les vaisseaux lymphatiques et sanguins paralysés ne se laissent plus traverser par les leucocytes, et, du même coup, les microbes sont soustraits à la phagocytose.

A côté des diastases qui s'opposent à la diapédèse, il en est d'autres qui la favorisent. Souvent le même microbe sécrète des diastases qui, bien que douées d'actions contraires, contrarient mutuellement leurs effets et finissent par rendre le phagocytisme absolument impossible. Ces faits, d'observation pure, nous expliquent pourquoi les diastases et les ptomaïnes n'agissent pas nécessairement au point inoculé, mais retentissent sur tout l'organisme en troublant profondément l'état général des malades.

Résistance de l'organisme. — L'organisme résiste à l'infection microbienne principalement de deux façons : 1° par le *phagocytisme* ; 2° par l'*état bactéricide*.

1° Le *phagocytisme* est la propriété qu'ont certaines cellules d'absorber les microbes et de les rendre moins virulents. Chez les animaux vertébrés, il s'accomplit surtout par les leucocytes et accessoirement par quelques cellules fixes des tissus. Le premier résultat de l'irritation microbienne, c'est le passage des leucocytes à travers les parois vasculaires, la *diapédèse*. Aux points irrités, surtout dans les espaces du tissu conjonctif, s'accumulent les leucocytes. Il s'établit alors une lutte entre eux et les microbes. Les leucocytes absorbent les agents infectieux, les incorporent dans leur protoplasma et les entraînent loin du foyer infecté, tout en leur faisant subir des dégénérescences. Ceci nous explique pourquoi des microbes peuvent se retrouver dans les profondeurs des tissus lymphoïdes, dans les tissus épithéliaux, dans le sang, bien qu'ils n'existent pas normalement dans ces milieux. Ils ont été entraînés par les leucocytes. S'il survient chez le malade une altération locale ou générale, la résistance des leucocytes s'amoindrit, le phagocytisme ne s'accomplit plus normalement, l'infection microbienne domine la scène. Ainsi se trouve expliqué le rôle du froid, du surmenage, de l'épuisement et de toutes les causes occasionnelles qui, avant les études bactériologiques, étaient considérées comme les agents principaux des maladies. Nous comprenons aussi l'expression nouvelle introduite dans la science

médicale, la *réceptivité* de l'organisme ; un organisme est en état de *réceptivité*, quand il n'est pas en mesure de lutter, par le phagocytisme, contre les microbes qui l'envahissent.

2° L'*état bactéricide* est créé dans les tissus par des modifications chimiques et dynamiques survenues dans les éléments anatomiques, modifications qui n'amènent pas fatalement la mort des microbes inoculés, mais qui s'opposent à la rapidité de leur croissance et à leur multiplication. L'*état bactéricide* est créé normalement par la première atteinte d'une maladie infectieuse ; il y a alors immunité acquise. Les milieux organiques ne sont plus susceptibles de fournir aux mêmes agents infectieux le même terrain de développement. On sait depuis longtemps déjà que la variole et la fièvre typhoïde ne récidivent généralement pas chez le même individu ; c'est parce que leur première atteinte crée l'état bactéricide.

L'immunité peut être créée encore par les *inoculations vaccinales*. On inocule alors à des individus sains des cultures de microbes atténuées : les microbes ne possèdent plus alors ni par eux-mêmes, ni par leurs diastases, la même action destructive. Ils agissent plus lentement, n'empêchent pas la diapédèse, et par suite permettent au phagocytisme de s'accomplir.

Si nous avons tant insisté sur tous ces faits, sans crainte même de nous répéter, c'est qu'ils nous permettent d'envisager à un point de vue plus élevé la pathogénie des maladies, l'*infection*. Tout se réduit en somme à une lutte entre l'organisme et le microbe, et l'effort du médecin doit être d'augmenter la résistance de son malade aux agents infectieux.

Non seulement nous trouvons dans les études bactériologiques l'explication des *infections ;* mais elles servent encore de bases aux *théories vaccinales* qui jouent aujourd'hui un si grand rôle dans la pathologie, et qui préoccupent justement les savants. La découverte de la vaccine par Jenner, bien que très antérieure à la bactériologie, est le type des inoculations vaccinales. De nos jours, Pasteur s'est immortalisé par le vaccin du charbon et par le traitement de la rage. Koch, en Allemagne, après avoir, en 1882, découvert le bacille de la tuberculose, a fait récemment de louables efforts, qui malheureusement n'ont pas été couronnés de succès, dans le but de découvrir le vaccin de cette terrible maladie.

CHAPITRE IV

TISSU CONJONCTIF

Le tissu conjonctif, appelé autrefois *tissu cellulaire*, est répandu dans tout l'organisme. Il sépare les organes, jusque dans les plus petits interstices. Ce tissu, mou, informe et blanchâtre, dans lequel se développe la graisse, constitue le *tissu cellulaire lâche*. En un grand nombre de régions, les éléments du tissu conjonctif se groupent et se condensent, de manière à former des organes plus ou moins résistants, tels que ligaments, aponévroses, tendons, derme de la peau, chorion des muqueuses, etc... On donne à cette variété de tissu conjonctif, plus ou moins compact, le nom de *tissu conjonctif condensé* ou *modelé*.

ARTICLE PREMIER

TISSU CONJONCTIF LACHE

Préparation. — En examinant à plusieurs reprises de petits fragments bien étalés du tissu conjonctif provenant de diverses régions, on finit par se faire une idée de la disposition des éléments de ce tissu. On peut cependant employer certains artifices pour en voir quelques-uns avec plus de netteté.

Pour apercevoir les fibres élastiques, par exemple, on plonge la préparation dans l'acide acétique, qui transforme les fibres du tissu conjonctif en une masse cristalline, transparente.

Pour bien voir les faisceaux et les cellules du tissu conjonctif, on se sert d'une solution de nitrate d'argent au 1/100. Une injection sous-cutanée, faite à un animal avec un peu de cette solution, détermine la production d'une *boule d'œdème artificiel*, comme le dit Ranvier. Dans cette boule d'œdème, les éléments fixés peuvent être facilement étudiés, parce que les faisceaux de fibrilles sont dissociés, écartés par le liquide.

L'alcool, comme agent fixateur, le picro-carmin comme réactif colorant, permettent encore de bien étudier le tissu conjonctif par la dissociation.

Pour voir les fibrilles, il faut employer de très forts grossissements.

Distribution. — On distingue le tissu conjonctif sous-cutané, le tissu conjonctif profond ou sous-aponévrotique, et le tissu conjonctif splanchnique.

Le *tissu conjonctif sous-cutané* forme un plan uniforme au-dessous de la peau. Il est disposé en deux couches différentes : 1° une couche superficielle, dite *aréolaire*, présentant des interstices dans lesquels sont logés les pelotons adipeux ; 2° une couche profonde, *couche lamelleuse*, ou *fascia superficialis*, constituée par un tissu conjonctif très lâche, qui se laisse facilement étirer, comme on peut s'en rendre compte en faisant glisser la peau du dos de la main sur les parties profondes. Le tissu conjonctif sous-cutané est continu d'une extrémité à l'autre du corps. Il communique avec le tissu sous-aponévrotique au niveau des points où des vaisseaux et des nerfs traversent les aponévroses ; ces communications existent surtout à la racine des membres.

C'est dans le tissu conjonctif sous-cutané qu'on fait les injections hypodermiques.

Au-dessous des muqueuses, il existe une couche analogue, *tissu conjonctif sous-muqueux*.

Le *tissu conjonctif sous-aponévrotique*, profond, s'observe sous forme de couches, cloisons, ou membranes minces, molles, blanchâtres, séparant les uns des autres les vaisseaux, les nerfs et les muscles auxquels il forme des gaines qui se continuent avec les gaines des tendons.

A mesure qu'il devient plus profond, dans les membres et surtout dans l'épaisseur des organes, il se dépouille peu à peu des éléments adipeux qu'il contient ; il devient plus blanc, plus homogène, plus gélatineux, de sorte que, dans la profondeur des organes, il simule une couche sirupeuse, interposée aux diverses parties qui les constituent (*tissu conjonctif interstitiel*).

Le *tissu conjonctif splanchnique* se trouve dans les cavités splanchniques : tissu conjonctif du canal rachidien, sous la dure-mère rachidienne, communiquant avec le tissu cellulaire profond au niveau des trous de conjugaison ; tissu conjonctif du médiastin postérieur, communiquant librement avec celui du cou et avec celui de l'abdomen par les ouvertures du diaphragme ; tissu conjonctif sous-pleural ; tissu conjonctif de l'abdomen, formant une couche d'une épaisseur variable sous le feuillet pariétal du péritoine (épiploons, tissu périrénal, etc.), jamais sous le feuillet viscéral.

De la cavité abdominale, le tissu conjonctif sous-péritonéal envoie des prolongements vers le membre inférieur, autour des vaisseaux fémoraux, du nerf crural, du muscle pyramidal, des vaisseaux et nerfs qui traversent la grande échancrure sciatique.

Il envoie des traînées celluleuses dans la cavité thoracique, autour des organes qui traversent le diaphragme, l'aorte principalement.

Caractères généraux. — Le tissu conjonctif est formé de lamelles superposées, entre-croisées et anastomosées, de manière à limiter des cavités virtuelles, qui se laissent distendre par l'*air* et par les *liquides*.



Fig. 695. — Tissu conjonctif de l'intestin d'après une coupe des trois tuniques.

a, *a*, faisceaux onduleux de fibrilles du tissu conjonctif. — *b*, *b*, vésicules adipeuses. — *c*, *c*, vaisseaux sanguins. — *d*, cellules conjonctives. On y voit aussi des petits corpuscules en évolution.

a. *Emphysème.* — Arrêtez-vous devant l'étal d'un boucher, vous verrez une substance spongieuse, très blanche, entourant des morceaux de viande d'un beau rouge ; cette substance est le tissu conjonctif boursoufflé. En effet, toutes les aréoles du tissu conjonctif étant en communication peuvent être insufflées. Le tissu conjonctif de toutes les parties du corps est partout continu, ce que je vais prouver par plusieurs exemples.

Quand un boucher veut dépouiller un animal, un veau par exemple, il introduit la canule d'un soufflet dans un trou fait à la peau, et il insuffle de l'air qui distend les lames du tissu conjonctif, remplit ses aréoles insensiblement jusque dans les parties les plus profondes, partout où il y a du tissu conjonctif. Cette insufflation produit un *emphysème expérimental*.

Les lésions pathologiques du poumon, ou le traumatisme du thorax, peuvent également produire de l'emphysème. Dans un effort violent, surtout dans les cas où le tissu pulmonaire est altéré, il arrive que le poumon se déchire. Quelques ramifications

bronchiques se trouvent forcément déchirées. L'air de l'inspiration s'infiltre dans les aréoles du tissu conjonctif qui entoure les divisions bronchiques, *emphysème interlobulaire*. De là, il monte, en s'infiltrant toujours, vers le médiastin, il gagne le tissu conjonctif du médiastin, d'où il se propage au cou, à la tête, au tronc et aux membres, formant ainsi un *emphysème pulmonaire* d'abord, puis un *emphysème généralisé*, analogue à celui que produit le boucher qui insuffle l'animal à l'abattoir.

Lorsque la peau est perforée dans des régions où se produisent des mouvements physiologiques, comme sur le thorax, les mouvements des côtes font mouvoir les lèvres de la plaie et favorisent l'introduction de l'air sous la peau, et même plus profondément. Il se produit un *emphysème local*, mais qui peut s'étendre au loin. En pressant avec les doigts sur ces points emphysémateux, on entend une crépitation produite par le passage de l'air dans les aréoles voisines du point comprimé.

Avez-vous vu, dans les foires, des enfants avec une tête d'hydrocéphale que des parents cruels montrent aux badauds ? Beaucoup de ces hydrocéphales sont simulés ; on a fait un trou au cuir chevelu de l'enfant et on lui a insufflé de l'air avec un tube, produisant ainsi un *emphysème céphalique*.

On a vu de jeunes conscrits se faire un *emphysème scrotal* en s'insufflant, avec un tube, de l'air sous la peau du scrotum.

b. *Œdème et anasarque*. — Le tissu conjonctif se laisse distendre par les liquides comme par les gaz. Les infiltrations liquides montrent, comme l'emphysème, la communication entre les aréoles du tissu conjonctif.

L'*œdème* est l'infiltration d'une partie du corps par l'eau du sang, ou de la lymphe, extravasée. Lorsque Ranvier fait une *boule d'œdème* en injectant sous la peau une solution de nitrate d'argent pour étudier les éléments du tissu conjonctif, il distend les lamelles du tissu cellulaire qui sont écartées par le liquide injecté, il fait un *œdème local*.

Faites un trou à la peau d'un cadavre, adaptez-y une canule dont l'ouverture atteindra le tissu conjonctif sous-cutané ; établissez un courant d'eau ; le sujet gonfle peu à peu et, au bout d'un certain temps, il est distendu comme une outre. Toutes les aréoles du tissu conjonctif sont remplies du liquide injecté. On a produit ainsi une *anasarque expérimentale*. L'anasarque est un œdème généralisé.

Quand le sang des brightiques a perdu de son albumine par l'urine, il est trop aqueux ; l'eau du sang, albumineuse, traverse la paroi des capillaires et s'infiltre dans les mailles, ou aréoles, du

tissu conjonctif; il se produit une *anasarque pathologique* comme dans l'expérience précédente.

Pratiquez une ponction sur la face dorsale du pied d'un malade affecté d'œdème des extrémités inférieures : le liquide séreux, produit de l'hydropisie, exhalé par les vaisseaux capillaires dans les aréoles du tissu conjonctif, s'écoulera à peu près complètement du membre correspondant par la piqûre, et ne permettra pas de douter de la communication des aréoles du tissu conjonctif. Il en est de même du sang, qui s'infiltre dans la couche sous-cutanée à la suite d'une contusion, dans les mailles de la pie-mère à la suite d'une hémorragie méningée, dans les paupières et sous la conjonctive dans une fracture de la base du crâne.

Lorsque les veines sont comprimées, la tension sanguine veineuse et capillaire est augmentée, et l'eau du sang traverse la paroi des capillaires, s'infiltrant dans le tissu conjonctif voisin. Voilà ce qui explique l'enflure des pieds chez les femmes qui serrent trop fortement leurs jarretières, celle des extrémités des membres lorsqu'une tumeur comprime une veine importante, celle des membres inférieurs dans la grossesse avancée (compression des veines iliaques par l'utérus distendu).

Lorsque, dans les affections organiques du cœur, la circulation est très troublée (asystolie), le sang ne traverse pas aisément le cœur, la tension sanguine augmente dans les veines, et il se forme un œdème des membres inférieurs, et même une anasarque, comme dans les cas précédents.

Dans la formation de ces infiltrations, on remarque que les paupières, la verge et le scrotum sont plus tuméfiés, parce que le tissu conjonctif est plus lâche, plus mou dans ces régions.

Caractères physiques. — La *couleur* du tissu conjonctif est moins blanche et plus jaunâtre chez les sujets gras, car la graisse se dépose dans l'épaisseur du tissu conjonctif, *tissu cellulo-graisseux*, principalement au-dessous de la peau, comme on peut le constater chez les individus à gros ventre et chez les animaux qu'on a soumis à l'engraissement : bœufs, oies, porcs, etc.

Structure du tissu conjonctif lâche.

Le tissu conjonctif se compose de faisceaux de *fibrilles conjonctives*, de *fibres élastiques*, de *cellules conjonctives*, de *vaisseaux* et de *nerfs*, et d'une *substance fondamentale* qui réunit tous ces éléments.

Faisceaux de fibrilles. — Lorsqu'on examine une lamelle de tissu conjonctif, dissocié par le procédé de la boule d'œdème de

Ranvier, on aperçoit de longs faisceaux ondulés, arrondis, semblables à des mèches de fins cheveux, et striés parallèlement à leur longueur. Ils sont entremêlés dans tous les sens. Ces faisceaux ont, en moyenne, 100 μ de diamètre. Ils sont entourés d'une *gaine* très mince dans toute leur longueur.



Fig. 696. — Tissu conjonctif.

1, 1, 1, faisceaux de fibrilles. — 2, 2, 2, fibres élastiques. — 3, 3, 4, cellules conjonctives de formes diverses. La cellule arrondie 3 est probablement une cellule migratice.



Fig. 697. — Faisceaux de fibrilles du tissu conjonctif avec quelques cellules adipeuses.

On trouve de nombreuses *vésicules graisseuses* disséminées entre les éléments du tissu conjonctif (voy. *Tissu adipeux*).

Fibrilles. — Les faisceaux sont composés de longues fibrilles correspondant aux stries qu'on aperçoit à leur surface. Les fibrilles, qu'on peut voir à l'état d'isolement dans la dissociation des faisceaux, sont si minces qu'elles apparaissent comme de simples lignes. Il faut un grossissement de 700 à 800 diamètres pour les apercevoir. Elles sont si fines qu'on ne peut pas en mesurer la largeur.

Gaine et étranglements. — Une gaine fort mince, de nature encore indéterminée, entoure les faisceaux de fibrilles et envoie à l'intérieur du faisceau de minces cloisons qui séparent les fibrilles les unes des autres et qui constituent une sorte de *ciment interfibrillaire*.

Lorsqu'on fait gonfler les faisceaux de fibrilles, au moyen de l'acide acétique, on remarque, de distance en distance, des étranglements, colliers ou anneaux, dus à un épaississement de la gaine

(fig. 698). Ces étranglements sont tantôt circulaires, tantôt en forme de spires.

Le *tanin* se combine à ce tissu et forme un composé imputrescible (tannage de la peau pour faire le cuir).

La substance des *étranglements* n'est pas altérée par l'acide acétique,



Fig. 698. — Faisceau de tissu conjonctif gonflé par l'acide acétique. Anneaux épaissis de la gaine.



Fig. 699. — Deux faisceaux du tissu conjonctif sous-arachnoïdien avec une disposition spéciale des anneaux et entourant les faisceaux, d'après Kölliker.

mais elle est soluble dans la potasse. Elle est colorée par le carmin, non par l'éosine.

Ces étranglements sont dus à une condensation de parties séparées de la gaine. Henle avait cru qu'ils étaient dus à la présence de fibres élastiques en spirale autour du faisceau de tissu conjonctif. Kölliker, d'après une préparation spéciale (fig. 699), les a pris pour des prolongements des cellules fixes du tissu conjonctif. Pour Ranvier les étranglements sont dus à des épaississements locaux de la gaine qui entoure le faisceau.

Action des réactifs. — Les faisceaux de fibrilles sont gonflés et rendus un peu transparents par l'action de l'*eau*.

L'*acide acétique* les gonfle également, et les rend tellement transparents que la striation fibrillaire disparaît complètement, à tel point que les fibrilles paraissent dissoutes. Mais, avec une solution alcaline qui neutralise l'acide, la striation réapparaît.

La *coction* dissout les faisceaux de fibrilles, et les transforme en

gélatine, réaction caractéristique du tissu conjonctif. C'est avec le tissu conjonctif des animaux qu'on prépare la gélatine sèche, la *colle*, dans l'industrie.

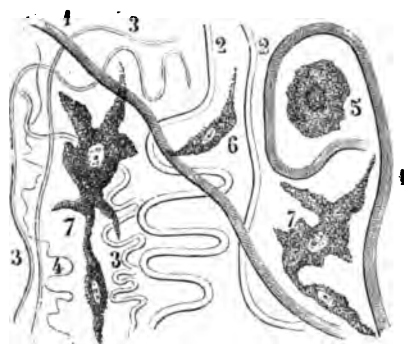


Fig. 700. — Tissu conjonctif.

1, faisceau de fibrilles. — 2, 3, fibres élastiques. — 4, fibres élastiques fines. — 5, cellule migratrice. — 6, cellule fusiforme. — 7, cellules étoilées.

Fibres élastiques. — Des fibres élastiques, fines et moyennes, sont entremêlées avec les faisceaux de fibrilles conjonctives (fig. 700). Elles existent à peu près partout où il y a du tissu conjonctif, et d'autant plus abondantes que la région est plus élastique. Ainsi, elles sont très nombreuses dans le derme (voy. *Tissu élastique*).

Corpuscules du tissu conjonctif. — Il y a trois sortes de corpuscules entre les faisceaux de fibrilles. Les faisceaux ne renferment que des fibrilles, et aucun corpuscule n'existe ni ne pénètre dans leur épaisseur. Les corpuscules sont : des cellules fixes, des cellules migratrices et des clasmatocytes. Ces trois éléments sont d'une grande importance, car ils peuvent se transformer les uns dans les autres, et ils jouent un grand rôle, soit physiologique, soit pathologique.

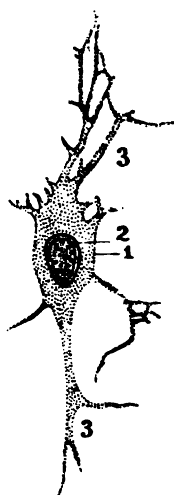


Fig. 701. — Cellule fixe du tissu conjonctif.

1, protoplasma. — 2, noyau. — 3, ramification du protoplasma.

Cellules fixes du tissu conjonctif, ou *cellules plates*. — Très bien étudiées par Ranvier (1869), ces cellules sont fort irrégulières dans leur forme, qui varie selon l'âge, selon les régions, selon les variétés du tissu conjonctif (fig. 702).

Ce sont des masses de protoplasma nu contenant un noyau. Elles sont plates et appliquées par l'une de leurs faces contre les faisceaux de fibrilles, de sorte qu'elles ont l'aspect fusiforme quand on les regarde de profil. Le protoplasma des cellules offre souvent des prolongements qui donnent une forme étoilée à la cellule, et l'on rencontre souvent des anastomoses entre les prolongements de deux cellules voisines. Si le tissu conjonctif est un peu dense, le protoplasma mou de la cellule s'insinue entre les faisceaux en

formant des saillies linéaires, appelées *crêtes d'empreinte*, parce que ce sont de véritables empreintes de l'espace qui sépare deux faisceaux.

Cellules migratrices. — Les cellules migratrices, très abondantes dans le tissu conjonctif, sont des leucocytes issus du sang par *diapédèse vasifuge*. Elles cheminent dans l'épaisseur des tissus, au moyen de leurs mouvements amiboïdes, comme des animaux unicellulaires. Elles ont été découvertes dans le tissu conjonctif par Recklinghausen (1862).



Fig. 702. — Diverses formes de cellules fixes.

1, sphérique. — 2, pyriforme. — 3, 4, 5, 6, fusiformes. — 7, triangulaires. — 8, 9, 10, étoilées.



Fig. 703. — Cellules du tissu conjonctif, d'après Metchnikoff.

1, cellule migratrice. — 2, cellules fixes. — 3, ramifications de leurs prolongements.

Les cellules migratrices et les cellules fixes ont entre elles une si grande parenté que les migratrices peuvent se transformer en fixes, et *vice versa* (fig. 706).

Elles prolifèrent avec une grande intensité, de même que les cellules fixes, dont les cellules filles deviennent fréquemment cellules migratrices. Elles sont phagocytes et s'incorporent facilement les corpuscules en contact avec elles : globules sanguins, pigment, etc.

Les cellules migratrices peuvent pénétrer dans les capillaires lymphatiques du tissu conjonctif en perforant leurs parois, *diapédèse vasipète*. Sorties des canaux d'irrigation, elles pénètrent dans ceux de drainage.

Dans l'inflammation, ces cellules, qui prolifèrent très abondamment, donnent naissance aux globules de pus. Ceux-ci ont donc pour origine deux espèces de cellules, les leucocytes et les corpuscules du tissu conjonctif (Metchnikoff).

Clasmatocytes. — Ranvier décrivit ces éléments nouveaux en 1890. Il en existerait, d'après sa description, plusieurs milliers dans un millimètre cube. Ce sont d'énormes cellules fixes, fusiformes, parfois étoilées, et à prolongements ramifiés. Ces prolongements présentent des renflements et des rétrécissements alternes, en forme de chapelet. Ces prolongements se brisent aux points d'intersection des grains, et ceux-ci, devenus indépendants, forment autour de la cellule génératrice une quantité considérable de grains, de fragments.



Fig. 704. — Tissu conjonctif lâche recueilli après une injection interstitielle d'éosine à 1 p. 100 (Renaut).

1, cellule fixe étoilée. — 2, prolongements anastomosés. — 3, grain détaché d'un clasmatocyte. — 4, cellule lymphatique, migratrice (Gross. 400).



Fig. 705. — Préparation d'une lamelle de tissu conjonctif.

On y voit de jeunes capsules *a*, *b*, une cellule migratrice, *c*, des faisceaux et des fibres de tissu conjonctif.

C'est donc là une fragmentation du protoplasma de la cellule, d'où le nom de *clasmatocyte* donné par Ranvier, du grec *clasma*, κλασμα, fragment, et *cutos*, κύτος, cellule, cellule fragmentée.

Pour les observer, cet auteur fixe les éléments d'une lamelle de tissu conjonctif avec une solution d'acide osmique à 1 p. 100, et les colore ensuite avec le violet de méthyle. Ces éléments s'observent aisément à l'état vivant chez les batraciens, principalement dans le mésentère. Ils ont été également observés chez les mammifères par Ranvier.

Quoiqu'un clasmatocyte soit cent fois plus volumineux qu'un leucocyte, Ranvier pense qu'on peut le considérer comme un leucoyte venu des capillaires par diapédèse, grossi, engraissé pour ainsi dire, dont les débris servent à la nutrition du tissu conjonctif. Il a pu constater *de visu* la transformation du leucocyte en clas-

matocyte dans la lymphe de la grenouille, et le retour de ces mêmes éléments à l'état de leucocytes, ou cellules lymphatiques. Ainsi, en produisant l'inflammation du péritoine, il a constaté la disparition des clasmatocytes, l'apparition d'une grande quantité de leucocytes et des formes intermédiaires.

Vaisseaux et nerfs. — Les *vaisseaux sanguins*, artères et veines, que renferme le tissu conjonctif, ne lui appartiennent pas en propre; ce sont des vaisseaux qui le traversent pour se rendre aux divers organes, comme la peau, les muscles, les glandes, etc. Comme le tissu conjonctif est lâche et sujet à des tiraillements, les vaisseaux qui le traversent sont très flexueux.



Fig. 706. — Transformation des cellules fixes du tissu conjonctif en cellules migratrices. Corpuscules du tissu conjonctif de la nageoire d'un têtard de grenouille, d'après Metchnikoff.

Les éléments du tissu conjonctif se nourrissent du liquide exsudé par les vaisseaux capillaires, liquide qui n'est autre chose que la lymphe, moins la fibrine.

Les *vaisseaux lymphatiques* naissent dans le tissu conjonctif par un système capillaire clos, de 30 à 40 μ de diamètre, dont le réseau embrasse les faisceaux de fibrilles. J'ai déjà dit que le tissu conjonctif lâche est le siège du système capillaire d'irrigation (vaisseaux capillaires sanguins), et du système capillaire de drainage (vaisseaux capillaires lymphatiques, voy. *Sang* et *Lymphe*).

Les *nerfs* sont des nerfs de passage ; ils n'abandonnent aucun filament au tissu conjonctif, qui n'a par lui-même aucune sensibilité.

Rôle des corpuscules du tissu conjonctif. — Nous savons que les cellules ont une influence manifeste sur la substance intercellulaire qui les unit, puisque cette substance est, au début, une production exoplasmique des cellules. On doit donc admettre que les corpuscules du tissu conjonctif sont les éléments trophiques de ce tissu.

Metchnikoff a démontré les faits suivants : 1° une cellu

peut, en se divisant, produire des cellules filles qui deviennent cellules migratrices ; 2° une cellule migratrice peut devenir cellule fixe et s'appliquer définitivement contre les faisceaux de fibrilles ; dans ce cas, le noyau multiple du polynucléaire devient noyau arrondi ; 3° quand on place des grains de carmin dans le tissu conjonctif, on trouve des grains dans certaines cellules fixes ; or, comme ces cellules n'ont pas de mouvements amiboïdes et ne sont pas phagocytes, on est forcé d'admettre qu'elles ont été migratrices à un moment donné, alors qu'elles étaient mobiles et phagocytes.

Ranvier, enflammant le péritoine d'un animal, constate, au bout de vingt-quatre heures, la disparition des clasmatocytes et leur remplacement par des leucocytes. Aux environs du point enflammé, il a trouvé des cellules de transition entre les globules blancs et les clasmatocytes.

Donc, il existe des liens très étroits de parenté entre les trois espèces de corpuscules du tissu conjonctif, et on peut saisir toutes les phases de transition entre les cellules fixes et les cellules migratrices.

Historique du tissu conjonctif. — Avant les notions acquises par les anatomistes à l'aide du microscope, on n'avait que des idées très vagues sur le tissu conjonctif. On l'appelait autrefois *tissu cellulaire*, d'après Bichat, parce que, par l'insufflation, on en écarte les lamelles et on produit des cavités ou aréoles, véritables compartiments, ou cellules ; mais le mot cellule n'était pas pris ici dans le sens microscopique. Dans le même ordre d'idées, Robin donnait à ce tissu le nom de *tissu lamineux*. L'expression de tissu conjonctif est due à J. Muller (1841).



Fig. 707. — Espaces plasmatiques, ainsi que les concevait Virchow, et corpuscules du tissu conjonctif voyageant dans ces espaces.

Les fibres élastiques furent découvertes, d'après Mathias Duval, par le professeur Lauth, de Strasbourg, en 1834. En 1843, Henle découvrit les faisceaux de fibrilles et les noyaux. Reichert nia l'existence des fibrilles, prétendant que les faisceaux étaient formés d'une substance homogène, striée longitudinalement.

En 1851, Virchow découvrit les cellules du tissu conjonctif, mais il les interpréta faussement. Il les nomma *cellules plasmatiques*. Il démontra que les noyaux, admis par Henle, sont entourés d'une couche de protoplasma ; mais, trompé par certaines coupes microscopiques, il supposa que ces cellules étaient contenues dans des espaces stellaires, ***espaces plasmatiques***, commu-

niquant les uns avec les autres par anastomose de leurs prolongements. Il fit de ces cavités les voies de la circulation de la lymphe, d'où leur nom (fig. 709).

Il appartenait à Ranvier de renverser la théorie de Virchow. Il démontra, en 1869, que les espaces plasmatiques ne sont que des intervalles entre les faisceaux de tissu conjonctif, et que la véritable cellule du tissu conjonctif est une cellule plate, étroitement appliquée sur les faisceaux de fibrilles. En 1862, Recklinghausen avait fait connaître les cellules migratrices. En 1875, Waldeyer avait entrevu de grandes cellules granuleuses, qui furent retrouvées par Ehrlich en 1879 et par Raudnitz en 1883. Mais ces savants n'en comprirent pas la signification. C'est Ranvier qui, en 1890 et en 1891, montra que ces grosses cellules, qui sont les clasmatocystes, proviennent des leucocytes, et qu'elles peuvent retourner à l'état de leucocytes.

Développement du tissu conjonctif. — Nous verrons son origine, ses transformations, la production de ses éléments constitutifs et les théories auxquelles elle a donné naissance.

Origine. — Les cellules les plus profondes du mésoderme, situées entre l'épithélium du cœlome, et les deux feuillets primaires du blastoderme, ectoderme et endoderme, se transforment en cellules étoilées, douées de mouvements amiboïdes énergiques, et devant former plus tard le tissu conjontif. Elles constituent alors le *mésenchyme*.

Au moment où les membres poussent, en forme de bourgeons, sur l'embryon, vers la quatrième semaine, l'ectoderme refoulé donne naissance à l'épiderme, et les cylindraxes issus du canal neural (ectodermique) s'allongent par leurs cônes d'accroissement. Les muscles striés des membres se forment par îlots musculaires venus des prévertèbres, tandis que tout le reste sera formé par les cellules mésenchymateuses qui s'insinuent entre les divers organes en formation, au moyen de leurs mouvements amiboïdes. Ces cellules mésenchymateuses sont l'origine du tissu conjonctif; elles constituent à ce moment le *tissu conjonctif embryonnaire*.

Transformations. 1° *Tissu muqueux*. — Dans les régions où devra se développer du tissu conjonctif, les cellules mésenchymateuses sécrètent autour d'elles, exhalent une substance spéciale, la *mucine*.

La mucine intercellulaire est transparente et demi-liquide. L'ébullition ne la coagule pas, mais elle est coagulée par l'acide acétique. Les cellules perdent leurs mouvements amiboïdes et elles s'anastomosent en réseau par leurs prolongements. L'ensemble de ces cellules anastomosées, et séparées par la mucine, ou substance fondamentale muqueuse, constitue le *tissu muqueux*, phase intermédiaire entre le tissu conjonctif embryonnaire et le tissu conjonctif complètement développé.

Chez les vertébrés, le tissu muqueux forme, d'une manière per-

manente, le corps vitré (fig. 708). On le trouve aussi autour des vaisseaux ombilicaux, dans le cordon gélatine de Wharton) (1). Dans tous les autres points, il se transforme en tissu conjonctif.



Fig. 708. — Tissu conjonctif muqueux. Cellules étoilées anastomosées. Les cellules sont nues et entourées de mucine.

(On pense que le corps thyroïde, glande close, sécrète une substance qu'il verse dans le sang, et qui est nécessaire à l'intégrité du tissu conjonctif. En effet, à la suite de l'extirpation du corps thyroïde, le tissu conjonctif revient à l'état de tissu muqueux, par formation d'une grande quantité de mucine entre les cellules. Cette lésion est le *myxœdème*, ou *œdème muqueux*).

Le tissu muqueux renferme des corpuscules du tissu conjonctif et quelques faisceaux de fibrilles, mais on n'y rencontre que rarement des fibres élastiques. Les cellules sont nues, et anastomosées par leurs prolongements (fig. 708).

Le tissu muqueux forme la presque totalité du corps de certains invertébrés, comme les *méduses*.

2° *Tissu conjonctif*. Comment le tissu muqueux devient-il tissu conjonctif ? Chimiquement, *la mucine se transforme en une substance collagène* qui donnera de la gélatine par la coction. Quant à la *production des fibrilles*, il est admis aujourd'hui qu'elles se forment : 1° aux dépens de la couche superficielle du protoplasma des cellules du tissu muqueux ; 2° aux dépens de la substance intercellulaire, sous l'influence de l'action même de la cellule, ainsi qu'il résulte des recherches de B. Lwoff, Flemming, etc.

Relativement à l'évolution des fibres élastiques, on est moins bien fixé. On admet que, dans les cartilages réticulés ou élastiques, les fibres élastiques se développent dans la subs-



Fig. 709. — Corpuscules du tissu conjonctif.

1, corpuscule étoilé. — 2, 3, corpuscules fusiformes.

(1) Wharton (Thomas), né en 1610, mort en 1673, élève de Glisson, fut médecin à Londres. Publia un traité des glandes en 1656.

tance fondamentale du cartilage, en dehors de l'action des cellules cartilagineuses, au moyen de petits grains élastiques qui se soudent bout à bout. Ces grains ont les réactions du tissu élastique (J. Müller, Kölliker et Ranvier).

O. Hertwig croit que les capsules de cartilage sont perforées, et que la fibre élastique procède du protoplasma de la cellule.

Selon Kuskow, la fibre élastique procéderait de la portion du protoplasma de la cellule cartilagineuse voisine du noyau, et du noyau lui-même.

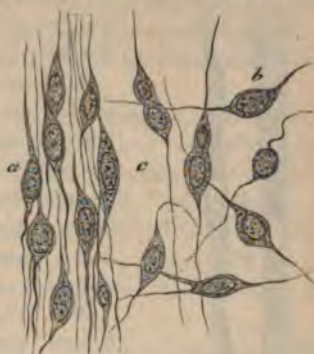


Fig. 710. — Cellules fusiformes du tissu conjonctif. Embryon de mouton long de 4 centimètres. Des fibrilles commencent à se développer. Quelques cellules ont deux noyaux, ce qui prouve l'activité de la prolifération. Théorie de Schwann.

Théories. — *Diverses théories* ont été émises sur l'évolution des éléments du tissu conjonctif. Henle, qui avait découvert les faisceaux de fibrilles, admettait l'existence de cellules, par intuition, car il ne les avait pas vues. Il pensait que le protoplasma de la cellule s'allongeait et se divisait en un faisceau de fibrilles, qu'il appelait *fibres de cellule*. Quant au noyau, il s'allongeait et se transformait en fibre élastique, qu'il appelait *fibre de noyau*.



Fig. 711. — Développement des fibrilles du tissu conjonctif, d'après la théorie de Schwann.

1, 5, cellules arrondies en voie de formation. — 2, corps fibro-plastiques formés par allongement du protoplasma de la cellule. — 3, division de ces prolongements. — 4, formation d'un faisceau de fibrilles.

Schwann d'abord, Lebert et Robin ensuite, supposant que toutes les cellules du tissu conjonctif étaient allongées, fusiformes, pensaient que les fibrilles se formaien
allongement
du protopl
trémités
tandis
pa

corps fibro-plastiques à ces cellules allongées (fig. 711, 3).



Fig. 712. — Formation de fibrilles au voisinage des cellules du tissu conjonctif. Théorie de Schwann : le noyau doit disparaître.

Virchow ruina cette théorie, en montrant que les cellules persistaient après la formation des fibrilles.

Lorsque Virchow décrivit les *espaces plasmatiques*, il supposa que ces espaces étaient les origines du système lymphatique, et que les cellules étaient sans action sur le développement des fibrilles. La fibrillation de la substance intercellulaire, disait-il, a lieu d'une manière analogue à la fibrillation de la fibrine dans un caillot.

Max Schultze, prenant une position intermédiaire, supposa que le corps fibro-plastique se transforme en fibrilles par ses parties superficielles, tandis que la partie profonde et le noyau restent pour former les cellules du tissu conjonctif.

Il n'y a ni fibres de cellule, ni fibres de noyau, pas plus qu'il n'y a de corps fibro-plastiques et de cellules plasmatiques.

Actuellement, nous devons admettre que les cellules principales du tissu conjonctif, les cellules fixes, exercent une grande influence sur la substance intercellulaire, qui se transforme en faisceaux de fibrilles, de même que la surface du protoplasma de la cellule. Les fibres élastiques naissent dans la substance fondamentale du cartilage, peut-être des cellules mêmes. Les éléments du tissu conjonctif sont en contact avec le réseau de capillaires clos qui constitue l'origine des lymphatiques, mais ils n'ont aucune communication avec l'intérieur des vaisseaux.



Fig. 713. — Formation des globules de pus aux dépens des cellules du tissu conjonctif.

Le tissu conjonctif joue un grand *rôle en pathologie*. Dans l'inflammation, les corpuscules du tissu conjonctif reviennent, dans certains cas, à l'état embryonnaire. On les nomme alors *cellules embryonnaires*, analogues à celles du mésenchyme. C'est ce qui se passe dans les *bourgeons charnus* des plaies, formés d'une substance fondamentale, d'anses vasculaires et de cellules embryonnaires.

Dans la formation des globules du pus, il faut tenir compte : 1° des leucocytes polynucléaires, issus des capillaires par diapédèse; 2° des cellules fixes du tissu conjonctif, se multipliant et donnant naissance aux leucocytes, qui prennent eux-mêmes leur part dans la formation du pus.

Les corpuscules du tissu conjonctif *prolifèrent* avec une activité étonnante. Dès qu'une plaie existe, qu'elle soit ou non à ciel ouvert, aussitôt que le sang est étanché, les cellules du tissu conjonctif se multiplient, et donnent naissance à des cellules embryonnaires, qui



Fig. 714. — Structure des bourgeons charnus et de la membrane qui forme la paroi des abcès.

1, anses vasculaires. — 2, 3, cellules embryonnaires.

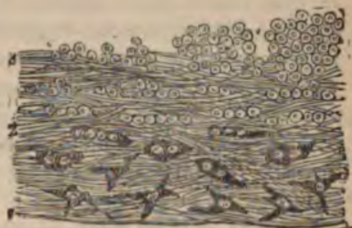


Fig. 715. — Coupe de la surface d'un néoplasme.

1, couche des cellules du tissu conjonctif. — 2, les noyaux se multiplient. — 3, cellules embryonnaires.

retourneront à l'état de cellules définitives du tissu conjonctif quand la cicatrisation aura lieu.

Les *cicatrices* succèdent aux plaies, aux ulcères Lorsqu'elles succèdent à une plaie en suppuration, on dit qu'elles ont lieu *par seconde intention*, ou *réunion médiate*. Aujourd'hui, grâce à l'asepsie, les cicatrices se produisent sans la moindre goutte de pus. Il y a alors réunion ou cicatrisation *par première intention* ou *réunion immédiate*, pour employer des expressions consacrées. Dans les deux cas, les éléments conjonctifs prolifèrent, s'accolent, et laissent persister une dépression de nature fibreuse, indélébile. Au bout d'un certain temps, la cicatrice se rétracte par résorption de la lymphe, abondamment sécrétée au début de la cicatrisation, et aussi à cause de la nature fibreuse de la cicatrice.

Le même phénomène de prolifération s'observe dans les productions morbides solides, car le plus grand nombre des tumeurs sont formées par la multiplication des corpuscules du tissu conjonctif.

Les *sarcomes*, jadis désignés sous le nom de tumeurs fibro-

plastiques, sont de nature conjonctive, et peuvent se développer sur tous les points du corps.

C'est dans le tissu conjonctif que se forment les phlegmons et les abcès ; les plus volumineux se rencontrent dans les régions où existe une grande quantité de ce tissu.

Le *pus* est un bon instrument de dissection ; il détruit le tissu conjonctif et sépare, par conséquent, les organes. Dans la couche sous-cutanée, le phlegmon diffus se propage avec rapidité, ravageant sur son passage les cloisons du tissu conjonctif. Les adhérences du derme aux aponévroses apportent un certain obstacle à cette marche envahissante du pus, comme on le voit à la paume de la main, à la plante du pied, et, à un degré moindre, sur la ligne médiane de la paroi abdominale. Les traînées de tissu conjonctif servent ordinairement de guide à la suppuration. Rien de plus fréquent que de voir le pus fourni par la carie vertébrale suivre le trajet de l'artère aorte, du plexus sacré et du grand nerf sciatique, pour se montrer sous forme d'abcès dans la région fessière. Plus fréquemment, venu de la région lombaire, le pus fuse dans l'épaisseur du muscle psoas, et suit le tissu conjonctif contenu dans ce muscle.

Lorsque le pus s'est développé dans le tissu conjonctif, il est d'abord infiltré dans les aréoles de ce tissu, puis il se réunit en foyer, en détruisant les cloisons de séparation. Le pus, en augmentant de quantité, refoule excentriquement les tissus environnants. Ces divers tissus refoulés, muscles, vaisseaux, nerfs, etc., deviennent le siège d'une exsudation fibrineuse (lymphe plastique exhalée par les vaisseaux), qui forme sur les parois de l'abcès une couche d'une épaisseur variant entre 1 et 2 millimètres. Dans cette couche se montrent des vaisseaux de nouvelle formation, qui s'anastomosent avec ceux des vaisseaux voisins refoulés, et des cellules conjonctives embryonnaires. Telle est la couche fibrineuse, conjonctive et vasculaire, qu'on a décrite comme une membrane spéciale, dite *membrane pyogénique*, et à laquelle on avait attribué la propriété de sécréter le pus.

ARTICLE II

TISSU CONJONCTIF CONDENSÉ

J'ai décrit le tissu conjonctif lâche, ce tissu mince, informe et blanchâtre, partout continu à lui-même, séparant les divers organes les uns des autres, et s'insinuant même dans ces organes pour en séparer les diverses parties constituantes.

Mais, en certaines régions, le tissu conjonctif se modifie, prend

une forme modelée, forme des organes. Ce tissu modifié est le tissu conjonctif condensé. Les *ligaments*, les *membranes fibreuses*, les *aponévroses* et les *tendons* sont formés de tissu conjonctif modifié. Le *derme* de la peau. le *chorion* des muqueuses, la *cornée* et la couche sous-endothéliale des *séreuses* sont également formés de tissu conjonctif modifié et condensé. Il en est même de la *gaine lamelleuse* des nerfs (voy. *Nerfs*).

Je décrirai ici les tendons, les ligaments et les aponévroses. La couche sous-endothéliale des séreuses a été décrite avec les séreuses. Le derme de la peau et le chorion des muqueuses seront décrits avec la peau et les muqueuses. La cornée sera étudiée avec l'œil. Le tissu adénoïde a été décrit avec les ganglions lymphatiques.

Entre le tissu conjonctif lâche et le tissu conjonctif condensé, il existe des *tissus de transition*, qui tiennent des deux, et qu'on peut décrire comme formés de tissu conjonctif lâche ou de tissu condensé ; par exemple le *périoste* et le *périchondre*.

§ 1. — TENDONS

Préparation. — Le meilleur procédé pour étudier la structure d'un tendon est la dissociation. Les tendons très grêles, et composés d'un seul faisceau tendineux, qui, dans la queue du rat, terminent les muscles spinaux, conviennent surtout à cette étude. On prend un de ces tendons, on le fixe par ses deux extrémités avec un peu de paraffine sur une lame de verre, et on le dissocie dans le picro-carminate d'ammoniaque avec de très fines aiguilles. Quand la dissociation a été bien faite, on a avec la glycérine une préparation qui met bien en évidence les cellules et les fibres conjonctives, colorées en rose, et les fibres élastiques qui sont d'un beau jaune.

Dispositions générales. — Ces organes, d'un blanc nacré, situés pour la plupart aux extrémités des muscles, qu'ils rattachent aux os, se montrent sous forme de cordons plus ou moins arrondis. Quelques-uns sont membraniformes et décrits, souvent à tort, comme des aponévroses : tels sont le centre phrénique, l'aponévrose occipito-frontale et les aponévroses de la paroi abdominale.

Le tissu conjonctif des tendons se présente sous deux formes : il est compact, condensé, pour former les faisceaux du tendon, et il présente une forme plus ou moins lâche dans la gaine et les cloisons interstitielles.

Structure. — Le tendon est formé essentiellement par les fibres tendineuses et les cellules tendineuses, et accessoirement par du tissu conjonctif lâche, des vaisseaux et des nerfs.

Fibres. — Les *fibres tendineuses* sont des faisceaux de fibri
de tissu conjonctif condensé. Elles sont longitudinales, rectilign

sans ondulations, et par conséquent parallèles. Elles offrent aussi des stries longitudinales. Plus volumineuses que les faisceaux de fibrilles du tissu conjonctif lâche, et mesurant de 60 à 110 μ d'épaisseur, les fibres tendineuses constituent les *faisceaux primitifs* des tendons, qui forment, avec les plus voisins, des *faisceaux secondaires*.

Lorsque les tendons sont petits ou aplatis, leurs fibres se confondent en même temps avec les éléments du périoste, et on trouve souvent entre elles des cellules cartilagi-



Fig. 717. — Insertion du tendon d'Achille sur le calcanéum. Gross. 300 (d'après Kölliker).

1, tendon. Fibres du tendon avec cellules cartilagineuses, 5, 5. — 2, 4, lamelles osseuses et espaces médullaires remplis de cellules graisseuses 3.



Fig. 716. — Fibres de tissu conjonctif d'un jeune tendon. Les cellules ne sont pas encore développées.

neuses. Si le tendon s'insère sur un *cartilage*, il se confond avec le périchondre ; s'il doit adhérer à une membrane fibreuse, comme les tendons de l'œil, les faisceaux tendineux adhèrent intimement à la membrane fibreuse et s'y perdent d'une manière insensible.

Les faisceaux tendineux se comportent, avec les réactifs, comme les faisceaux de fibres du tissu conjonctif.

Je ferai remarquer que les faisceaux primitifs du tendon ne renferment que des fibrilles et rien de plus. Il n'y a même pas des cellules tendineuses ; ces dernières sont appliquées à la surface du faisceau.

Les faisceaux primitifs, lorsqu'on examine la coupe d'un tendon, paraissent séparés des faisceaux voisins par des espaces triangulaires remplis par les cellules tendineuses.



Fig. 718. — Tendon de la queue d'un jeune rat. Faisceau tendineux isolé recouvert d'une rangée de cellules.

c, cellule. — e, crête d'empreinte. — f, faisceau. — n, n, noyaux. — i, i, intervalles des cellules (Ranvier).

Dans la coupe d'un faisceau secondaire, la section des espaces représente des étoiles, *espaces stellaires*, que Virchow avait pris pour des cellules (cellules plasmatiques).

Cellules. — Les *cellules tendineuses* ont été étudiées et bien décrites par le professeur Ranvier (*Arch. de phys.*, 1869 et 1874). Ce sont des cellules plates, ou fixes, du tissu conjonctif, ayant des caractères tout particuliers.



Fig. 719. — Cellules des tendons de la queue de la souris.

c, cellules. — p, prolongements latéraux. — n, noyaux. — a, crête d'empreinte (Ranvier).

Ces cellules, plates, étalées, pourvues d'un gros noyau, se distinguent de toutes les autres en ce qu'elles sont très larges, de forme quadrilatère, à grand axe transversal, et à protoplasma pour ainsi dire feuilleté.

Elles sont collées et enroulées par l'une des faces, autour du faisceau tendineux, comme une étiquette sur un flacon.

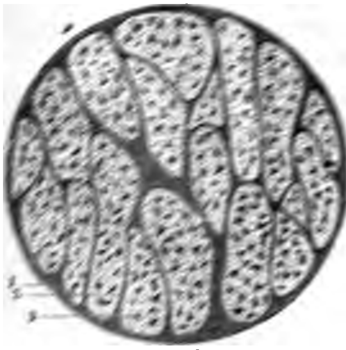
Elles sont disposées par séries longitudinales le long du faisceau (chaînes cellulaires), et les noyaux ont ceci de particulier que les noyaux de deux cellules voisines sont très rapprochés l'un de l'autre. Ils sont séparés seulement par une ligne intercellulaire. On appelle *disposition géminée* ce rapprochement des deux noyaux voisins, qui indique à peu près sûrement que les deux cellules voisines sont nées d'une même cellule-mère.

Les cellules tendineuses sont adhérentes au faisceau tendineux, dans lequel elles ne pénètrent jamais.

Pour les observer, on prend les tendons filiformes de la queue de jeunes rats, où elles sont faciles à distinguer.

J'ai dit qu'elles sont feuilletées. En effet, leur protoplasma

[illegible]



[illegible]

Cloisons celluleuses. — De sa surface interne se détachent des cloisons de tissu conjonctif lâche qui s'interposent aux faisceaux tendineux secondaires, mais ne pénètrent jamais entre les faisceaux primitifs.

La structure des *cloisons celluleuses*, qui séparent les faisceaux tendineux, est des plus simple. Ce sont des faisceaux de fibrilles de tissu conjonctif lâche, qui séparent les faisceaux tendineux. Dans leur épaisseur se trouvent des cellules du tissu conjonctif, des cellules migratrices, quelques fibres élastiques très fines, des vaisseaux et des nerfs.

Dans les tendons aplatis, comme les aponévroses de l'abdomen, il n'y a pas de gaine ; les cloisons celluleuses sont fournies par la couche de tissu conjonctif qui recouvre les deux faces du tendon membraniforme.

On trouve quelquefois, entre les faisceaux tendineux, des *cellules cartilagineuses* et des *cellules graisseuses*. Les premières se rencontrent principalement au niveau des points où les gros tendons (tendon d'Achille) s'implantent sur les os. Les cellules graisseuses s'observent surtout dans les tendons à faisceaux peu serrés, comme dans les muscles intercostaux.

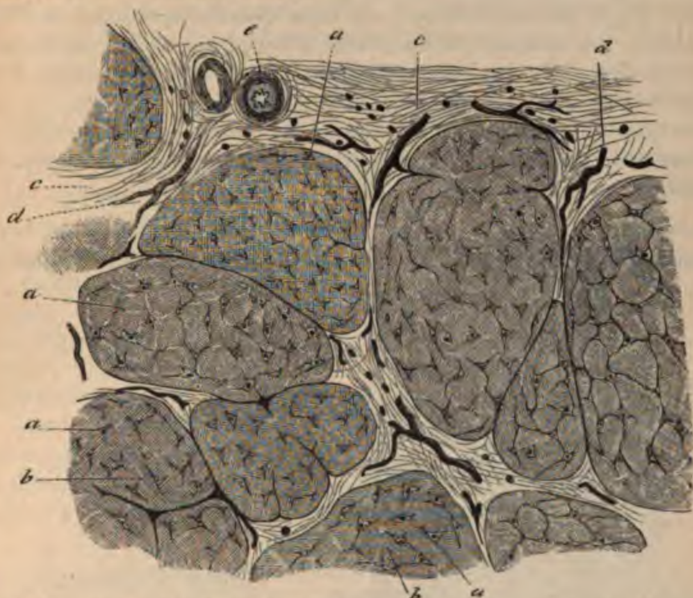


Fig. 721. — Coupe d'un tendon pris sur un fœtus à terme. Entre les faisceaux se trouvent des cloisons de tissu conjonctif avec des vaisseaux sanguins.

a, *a*, cellules des tendons dans les espaces stellaires. — *b*, faisceau primitif ou fibre tendineuse *c*, cloisons de tissu conjonctif. — *d*, vaisseaux sanguins. — *e*, artériole.

Vaisseaux et nerfs. — Les *vaisseaux lymphatiques* des tendons ne sont pas encore connus d'une manière précise.

Les *vaisseaux sanguins*, ramifiés dans la gaine, se portent dans les cloisons de tissu conjonctif, où leurs capillaires forment des arcades allongées dans le sens longitudinal et ne dépassent pas les cloisons qui séparent les faisceaux secondaires. J'ai déjà dit qu'entre les faisceaux primitifs, qui forment le faisceau secondaire, il n'y a que des cellules tendineuses.

Rupture des tendons. — Malgré la petite quantité de vaisse[illegible] qu'ils contiennent, les tendons se réparent facilement par un [illegible] cicatriciel résistant, pourvu qu'ils soient bien suturés après [illegible] été rompus. Leur *rupture* entraîne généralement, dans le me[illegible]

auquel ils appartiennent, une impotence fonctionnelle plus ou moins marquée (rupture du tendon d'Achille, du tendon rotulien).

Le tissu tendineux n'est presque jamais primitivement atteint par les *inflammations* ; il résiste même très énergiquement à la suppuration, à ce point que, dans les vastes suppurations des membres, on les trouve intacts, quoique baignés par le pus.

Les *nerfs* des tendons ont été bien décrits par Golgi en 188 *Sui nervi dei tendini* (Mémoires de l'Académie royale de Turin). Ce sont des nerfs sensitifs qui se terminent d'une manière analogue à celle des nerfs sensitifs des muscles.

Au point de jonction du tendon et du muscle, chez l'homme, se trouvent de petits renflements décrits sous le nom de *corpuscules de Golgi*.

Corpuscule de Golgi. — Le corpuscule de Golgi, véritable dynamomètre du tendon, est un petit *fuseau tendineux* d'un millimètre



Fig. 722. — Corpuscules de Golgi (d'après Mathias Duval).

1, fibres musculaires. — 2, 4, faisceaux tendineux. — 3, fibre nerveuse. — 5, ramifications terminales à la surface des faisceaux tendineux.

de long sur 100 μ de large, composé de deux ou trois petits faisceaux tendineux entremêlés de tissu conjonctif. Il se continue d'un côté avec les faisceaux du muscle, et de l'autre avec ceux du tendon. Tout autour de ce corpuscule existe une gaine lamelleuse de tissu conjonctif tapissée, à l'intérieur, d'une couche de cellules endothéliales.

Ce corpuscule est situé à la surface ou, plus souvent, dans l'épaisseur des tendons.

En abordant le corpuscule, les fibres nerveuses terminales perdent leur gaine de Henle, qui se confond avec sa gaine lamelleuse du corpuscule. Après avoir pénétré dans le corpuscule, elles perdent leur myéline, et leur cylindraxe se ramifie en fibrilles nues, à la surface des faisceaux tendineux du fuseau indiqué plus haut (704).

Des corpuscules, dits de Pacini, se trouvent aussi dans les tendons ou à leur surface, et même sur la gaine des tendons.

On a décrit, en outre, des nerfs qui se terminent de la même manière que les nerfs sensitifs des muscles, après avoir pénétré dans les cloisons du tissu conjonctif qui séparent les faisceaux secondaires des tendons. Les fibres nerveuses, ayant perdu leur gaine, et réduites à l'état de cylindraxe nus, se ramifient en filaments très ténus qui se terminent par des extrémités libres, souvent renflées à leur point de terminaison, et variqueuses sur leur tratrajet, à la surface des faisceaux tendineux.

§ 2. — LIGAMENTS, MEMBRANES FIBREUSES ET APONÉVROSES

Le *tissu fibreux* forme les ligaments, les membranes fibreuses et les aponévroses (*ligaments* des articulations ; *membranes fibreuses* comprenant l'albuginée, la sclérotique, la dure-mère, le sac fibreux du péricarde, l'enveloppe fibreuse de certains viscères, etc. ; *aponévroses*, telles que la brachiale, l'antibrachiale, la fémorale, la tibiale, les aponévroses d'enveloppe des muscles, etc.).

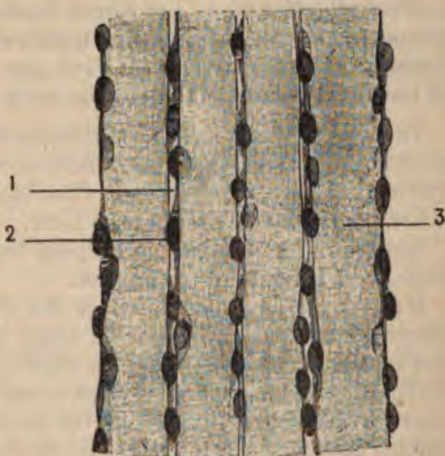


Fig. 723. — Ligament suspenseur du foie du lapin (d'après Renaut).

1, espaces interfasciculaires. — 2, cellules fixes appliquées à la surface des faisceaux conjonctifs. — 3, faisceaux conjonctifs.

1° Ligaments et membranes fibreuses. — Le tissu fibreux des *ligaments* est formé des mêmes éléments que le tissu conjonctif lâche, avec cette différence que l'agencement des faisceaux de fibres conjonctives se fait selon le genre de résistance que doit présenter le tissu fibreux. Les fibres sont unies par une substance amorphe très résistante.

Dans le ligament suspenseur du foie du lapin, par exemple, tous les faisceaux sont parallèles et verticaux ; ce ligament est destiné à soutenir le foie.

Dans la dure-mère, il existe deux couches. Les faisceaux conjonctifs de l'une des couch[...] forme de bandes, croisent obliquement les fai[...]che.

Lorsque la résistance est excentrique, comme dans l'albuginée du testicule ou la sclérotique de l'œil, les faisceaux du tissu fibreux (faisceaux conjonctifs), parfois parallèles, sont diversement entre-croisés, et souvent les divers plans qui constituent la membrane fibreuse sont reliés par des faisceaux fibreux.

Les ligaments sont formés de divers plans de faisceaux irrégulièrement entre-croisés.

Cellules. — Les faisceaux du tissu fibreux, qui varient de 100 à 200 μ, ne se laissent jamais pénétrer par les cellules du tissu conjonctif. Celles-ci sont des cellules fixes, formant des traînées régulières le long des faisceaux fibreux. Elles présentent le même aspect que dans les tendons, avec leurs *crêtes d'empreinte* très nettes, et allongées dans le sens des fibres.

Fibres élastiques. — Les fibres élastiques existent dans le tissu fibreux. Elles sont fines et plus nombreuses que dans le tissu tendineux ; on en trouve une ou deux par chaque faisceau de fibres de tissu conjonctif. Leur quantité varie selon les régions.

Vaisseaux et nerfs. — Les *vaisseaux* du tissu fibreux sont peu abondants dans les ligaments, tandis que certaines parties fibreuses, comme la sclérotique, en sont abondamment pourvues.

Les *nerfs* font défaut dans ce tissu.

Des *vésicules adipeuses* occupent les interstices des faisceaux fibreux, et les entourent souvent.

D'après Sappey, les vaisseaux des ligaments seraient si nombreux que ces organes seraient aussi vasculaires que le périoste. Les artères pénétreraient dans le tissu fibreux, se divisant et se subdivisant, pour donner naissance à des réseaux capillaires entourant les faisceaux de ce tissu. On peut constater, dit cet auteur, sur les artères qui pénètrent dans les ligaments, les trois tuniques de ces vaisseaux. Chaque artère est accompagnée par une seule veine, rarement par deux. Les ligaments reçoivent des nerfs, comme le périoste. Ces nerfs accompagnent les artères, se divisent dichotomiquement sur certains points, émettent ailleurs de simples rameaux, et s'anastomosent avec les nerfs voisins. Les ligaments latéraux du genou, l'interne surtout, sont remarquables par l'abondance des rameaux nerveux.

2° Aponévroses. — Les *aponévroses* sont des membranes blanches, occupant une certaine surface, et formées de tissu fibreux. Les unes, *aponévroses d'insertion*, comme les aponévroses des muscles larges de l'abdomen, sont des tendons aplatis, étalés en forme de membranes ; leurs faisceaux sont parallèles.

Les *aponévroses d'enveloppe*, comme la fémorale, sont formées

par deux ou plusieurs plans de fibres perpendiculairement entre-croisées. Les cellules du tissu conjonctif situées entre ces faisceaux portent des *crêtes d'empreinte* sur leurs deux faces; mais les crêtes d'une face croisent perpendiculairement celles de la face opposée, puisque chacune de leurs faces se moule sur les interstices des faisceaux conjonctifs du plan correspondant.

Altérations du tissu fibreux. — *a*. Une pression lente et continue distend le tissu fibreux et lui fait perdre sa résistance et son élasticité; c'est ainsi que se développent les *staphylomes* de la cornée et de la sclérotique.

b. La plupart des membranes fibreuses ne cèdent point aussi facilement à la distension, elles opposent aux liquides une barrière presque infranchissable. Il suffit de voir ce qui se passe au périnée, dans les *infiltrations urineuses*, dont on peut indiquer mathématiquement la marche, par la seule disposition anatomique des aponévroses de cette région. Il en est de même dans les *infiltrations sanguines* sous-aponévrotiques, qui mettent toujours un temps plus ou moins considérable avant de se montrer sous la peau; c'est pour cela que l'ecchymose des paupières, dans les fractures de la base du crâne, est toujours tardive et précédée de l'ecchymose sous-conjonctivale (l'obstacle est ici une mince membrane fibreuse appelée ligament large des paupières). Le même phénomène s'observe à la suite de certaines fractures, du col chirurgical de l'humérus, par exemple.

c. Les tissus fibreux opposent une grande résistance à la *suppuration*. Ils guident la marche du pus, et il est rare, à moins d'une inflammation extrêmement vive, de voir ce liquide perforer une membrane fibreuse. Cette influence de la disposition des tissus fibreux sur la marche du pus est telle, qu'on peut, d'avance, indiquer le trajet que suivra la suppuration dans tel ou tel cas donné. C'est ainsi qu'on peut prévoir la formation d'un abcès du pli de l'aine, à la suite d'une carie des vertèbres lombaires, le pus suivant la gaine du psoas. D'après les mêmes principes, on comprendra combien le pronostic doit varier dans les *abcès* du cou, selon qu'ils seront sous-cutanés ou sous-aponévrotiques; dans le premier cas, peu grave, l'abcès s'ouvrira du côté de la peau; dans le second, au contraire, le pus glissera sous la face profonde de l'aponévrose cervicale, et pourra pénétrer dans le thorax en détruisant sur son passage le tissu conjonctif, et il s'infiltrera dans le médiastin.

d. La résistance des membranes fibreuses augmente souvent les difficultés du diagnostic; dans certaines régions, elles sont si résistantes qu'il est presque impossible de percevoir la *fluctuation* d'un

abcès sous-jacent, et que le chirurgien est souvent obligé d'arriver au diagnostic par le raisonnement. Dans le diagnostic des phlegmons profonds, à la cuisse, par exemple, il est difficile d'obtenir la fluctuation à travers l'aponévrose fémorale. Ce sont les aponévroses qui cachent à nos moyens d'exploration les symptômes des *varices* profondes des membres, et la plupart de ceux de la *phlébite* profonde, etc.

e. Toutes les fois qu'une inflammation se développe dans un organe entouré de tissu fibreux, toutes les fois qu'il se produit un épanchement sanguin un peu abondant au-dessous d'une membrane fibreuse, ces tissus résistants ne se laissent point distendre et donnent lieu à de vives douleurs, ainsi qu'à la compression des parties profondes. C'est ce qu'on désigne, en chirurgie, sous le nom d'*étranglement*. On l'observe, par suite de la résistance de la sclérotique, dans les *ophtalmies*, des aponévroses d'enveloppe, dans les *phlegmons profonds* des membres, de la tunique albuginée, dans l'orchite. Souvent cet étranglement accompagne l'*anévrysme faux primitif*. C'est pour faire disparaître les douleurs de l'étranglement, dans l'orchite, que Velpeau a proposé le débridement de la tunique albuginée, avec la pointe d'une lancette.

f. Les *tumeurs cancéreuses*, dont la marche est envahissante, rencontrent quelquefois un obstacle dans les membranes fibreuses. Ceci est surtout remarquable dans le cancer de la peau de la verge, qui n'attaque que tardivement les corps caverneux ; aussi Lisfranc donnait-il le conseil de disséquer d'abord les tumeurs cancéreuses de cette région jusqu'à l'enveloppe fibreuse, que l'on trouve souvent intacte.

g. Le tissu fibreux peut se rétracter. Cette *rétraction* s'observe dans deux cas : 1° sur les ligaments qui sont raccourcis, dans certaines luxations, et dans la flexion permanente des articulations ; 2° sur l'aponévrose palmaire. La rétraction, dans le premier cas, fait des progrès à mesure que la luxation devient plus ancienne ; elle est à peu près complète à trois ou quatre mois, et elle s'accompagne d'une distension plus ou moins considérable des ligaments, qui sont tiraillés sur le côté opposé de la même articulation. La rétraction de l'aponévrose palmaire, dont on ignore absolument la cause, et que Gerdy attribuait, sans raison, à l'inflammation, peut s'observer chez tous les sujets. Partielle ou générale, cette rétraction plisse la paume de la main dans le sens transversal, et détermine la flexion permanente d'un ou de plusieurs doigts. Cette difformité, difficile à guérir, cède quelquefois à l'action de l'iodure de potassium.

h. On a observé, dans des cas rares il est vrai, l'*ossification* des ligaments, qui peut être générale ou partielle. Cette ossification

s'explique facilement, puisque souvent, dans l'insertion osseuse des ligaments, on retrouve des ostéoblastes.

On a vu plusieurs fois des sujets, dont tous les ligaments articulaires étaient ossifiés, à tel point que, véritables statues, ils ne pouvaient être nourris que par des aliments plus ou moins liquides, introduits dans leur bouche à travers une ouverture artificielle résultant de la brisure de plusieurs dents.

i. Lorsque le tissu fibreux est *déchiré*, il se régénère très lentement. Il peut séjourner longtemps au milieu des tissus enflammés, au contact du putrilage des tumeurs blanches, sans subir d'altération; à la longue, cependant, il finit par se laisser imbiber et par se distendre : c'est ce qu'on observe dans les ligaments du genou, à la suite de certaines hydarthroses et tumeurs blanches.

j. Les gaines fibreuses, dont nous avons parlé, sont plus ou moins résistantes. Autour des tendons arrondis, elles forment des tubes dans lesquels les premiers glissent. Dans les amputations, il faut placer le moignon sur un point déclive, pour éviter les *fusées purulentes* qui ne manqueraient pas de se produire dans les gaines tendineuses, sans cette précaution. Dans les entorses, et même dans les mouvements exagérés des articulations sans entorse, on peut observer la *luxation* des tendons et la rupture de la gaine fibreuse. Il n'est pas rare d'observer cette lésion sur les tendons des muscles péroniers latéraux. On voit souvent, à la suite de ces luxations, l'inflammation consécutive de la séreuse tendineuse, c'est-à-dire la *ténosité crépitante* ou *aï*.

k. Le tissu fibreux se rencontre dans certaines productions pathologiques; il forme alors ce qu'on désigne sous le nom de *fibromes*. Les polypes naso-pharyngiens, les fibromes utérins rentrent dans ce cadre. On désigne également, sous le nom de fibromes, les tumeurs dans lesquelles il y a prolifération de tissu conjonctif lâche. Dans certains cas, les cellules conjonctives des tumeurs fibreuses sont revenues à l'état embryonnaire; la tumeur est alors mixte et elle prend le nom de *fibro-sarcome*.

ARTICLE III

TISSU ADIPEUX ET TISSU ÉLASTIQUE

Quoique les tissus graisseux et élastique ne dérivent pas complètement du tissu conjonctif, je crois qu'ils sont ici à leur place, parce qu'ils accompagnent le tissu conjonctif. Le tissu adipeux ne saur se développer dans des points où n'existe pas de tissu conjonct

d'autre part, on rencontre les fibres élastiques dans presque toutes les régions où l'on rencontre le tissu conjonctif.

§ I. — TISSU ADIPEUX OU GRAISSEUX

Préparation. — Le tissu adipeux ne réclame aucune préparation spéciale. Les lobules se voient à l'œil nu ; ils se présentent sous la forme de grains plus ou moins volumineux. Avec un grossissement de 20 diamètres environ, le lobule se présente formé par l'agglomération d'une foule de corpuscules brillants, d'un demi-millimètre environ. En faisant usage d'un grossissement un peu plus fort, on voit ces corpuscules augmenter de volume et prendre une forme polyédrique, résultant de leur pression réciproque. Pour bien voir les corpuscules isolés, ou *vésicules graisseuses*, il faut dilacérer le lobule ; on saisit alors quelques vésicules libres qui, à un grossissement de 300 diamètres, présentent une surface d'environ 1 centimètre carré.

Pour démontrer la paroi de la cellule et son contenu liquide, on peut se servir d'éther ou d'acide acétique affaibli. L'éther traverse la paroi de la cellule et va remplacer la matière grasse qui se répand sur la plaque de verre, où l'on peut constater sa présence sous forme de petites gouttelettes libres et irrégulières. On voit la membrane de la cellule ridée, affaissée. Si l'on emploie l'acide acétique faible et non concentré (l'acide concentré dissoudrait immédiatement la paroi), la membrane s'amincit, se ramollit, et l'on voit transsuder de petites gouttelettes de graisse sur tous les points de la cellule graisseuse. On peut aussi faire sortir la graisse des vésicules, en comprimant fortement celles-ci entre deux lames de verre. Pour apercevoir le noyau, il faut avoir recours à la liqueur de carmin, qui le colore d'un rose tendre, ou bien prendre des cellules incomplètement remplies de graisse, comme on les rencontre chez les sujets fortement amaigris.

Quand on traite une vésicule graisseuse par l'acide osmique, la graisse est colorée en noir intense.

On facilite l'étude des cellules graisseuses en faisant une injection interstitielle de nitrate d'argent dans le tissu conjonctif sous-cutané (boule d'œdème

Disposition générale. — *Le tissu adipeux*, ou *graisseux*, ne se rencontre que dans les régions où il existe du tissu cellulaire ou conjonctif. Ces deux tissus sont tellement inséparables, que souvent on dit : tissu *cellulo-adipeux*. Cependant il est quelques régions où il ne s'accumule jamais, et où il n'existe qu'en fort petite quantité : paupières, peau de la verge.

Le tissu adipeux est très répandu dans l'économie. On le trouve principalement sous la peau ; on le rencontre aussi sous les aponévroses, où il sépare les muscles, les vaisseaux, les nerfs, etc. Dans les cavités splanchniques, il se montre aussi en plus ou moins grande quantité, au-dessous du feuillet pariétal.

Il existe chez tous les sujets. Dans les cas d'émaciation considérable, dans le choléra même, destructeur si rapide du tissu graisseux, il ne disparaît jamais complètement, et l'on en trouve des vestiges au fond de l'orbite et dans l'épaisseur de la joue, dans

l'angle que forment par leur réunion le masséter et le buccinateur (boule graisseuse de Bichat).

Dans l'embonpoint, il se fait sous la peau, une accumulation de graisse beaucoup plus considérable que dans les autres points du corps. Pendant que le tissu adipeux se dépose ainsi sous la peau, les formes s'arrondissent. Au visage, il se développe entre la peau et les muscles qui concourent au jeu de la physionomie. Aussi, dans cette région, la peau doublée de tissu adipeux est-elle plus épaisse et se plisse-t-elle plus difficilement : voilà pourquoi l'homme dont le visage est amaigri possède toujours une grande mobilité des traits et une physionomie très expressive.

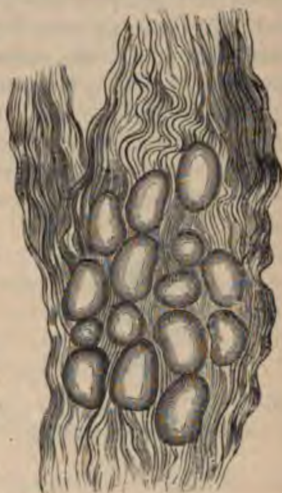


Fig. 724. — Amas de cellules adipeuses, au milieu de fibres de tissu conjonctif, vues à un grossissement de 320 diamètres.

Propriétés physiques. — Le tissu adipeux présente une couleur jaunâtre. Les lobules dont il est formé lui donnent un aspect granulé.

Dans certains points, il est jaunâtre et très mou, comme on le voit dans le paquet adipeux de l'articulation coxo-fémorale.

Caractères chimiques. — La graisse, après le refroidissement du cadavre, est figée et cristallisée. Ces cristaux sont des aiguilles radiées formées de *margarine*. La composition chimique n'est pas la même chez tous les animaux; chez le mouton, la *stéarine* domine ; chez l'homme c'est la *stéarine* et la *palmitine*. La graisse de l'homme est un mélange d'oléine, de margarine, de stéarine et de palmitine, et, pour être plus exact, de trioléine, de trimargarine, de tristéarine et de tripalmitine.

La graisse des cellules est colorée en bleu par la quinoléine, et en noir par l'acide osmique.

Structure. — A la coupe, on voit manifestement que le tissu adipeux est parcouru par des trainées de tissu conjonctif, constituant des cloisons entre-croisées, qui limitent de grands espaces, ou aréoles. On remarque, dans ces aréoles, des grains jaunâtres du volume d'un grain de millet, d'un petit pois : ce sont les *lobules graisseux* ou *adipeux*.

Lobules adipeux. — Le lobule est const[illegible] ération

d'un certain nombre de cellules, de 40 à 60 environ. Il est limité par une couche de tissu conjonctif, dans laquelle rampent des vaisseaux capillaires.

Cellules adipeuses. — Chaque cellule a un diamètre variable. depuis 22 μ jusqu'à 135 μ ; les plus grosses cellules peuvent être vues à l'œil nu. Ce sont de véritables vésicules. La vésicule graisseuse est ronde, ovale, et tendue chez les sujets gras. Sur le cadavre, elle est plus petite, souvent irrégulière, polyédrique, ce qui tient à ce que la graisse qui y est contenue, liquide sur le vivant, se solidifie et se rétracte, en se refroidissant après la mort.

La vésicule graisseuse est constituée par une *mince paroi* de 1 μ, transparente et amorphe, et par un *contenu liquide*, huileux et

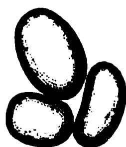


Fig. 725. — Trois cellules adipeuses sans noyau apparent.

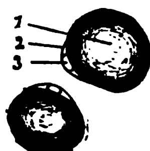


Fig. 726. — Deux cellules adipeuses avec noyau apparent.

1, contenu de la cellule. — 2, paroi. — 3, noyau entouré de protoplasma.

transparent. Cette graisse, qui remplit la cellule, constitue une goutte intérieure très uniforme. La cellule graisseuse est brillante au centre, lorsqu'on l'examine à la lumière transmise ; sa circonférence est bien limitée, et ses bords paraissent noirs. Ces caractères n'appartiennent qu'aux cellules graisseuses et aux gouttelettes graisseuses suspendues dans les liquides qu'on examine au microscope.

Le *protoplasma* de la cellule est refoulé contre la paroi et entoure le noyau. Il est quelquefois bien réduit, mais il existe toujours. N'oublions pas qu'il n'existe pas de cellule vivante sans protoplasma. Ce protoplasma, granuleux, renferme de petites gouttelettes graisseuses, élaborées par lui et destinées à grossir la graisse contenue dans la cellule.

Le *noyau* est également aplati contre la membrane de la cellule, de sorte qu'il paraît rond quand il est vu de face, et ovalaire s'il est observé de profil.

Vaisseaux et nerfs. — Les lobules graisseux, étant situés au milieu du tissu conjonctif, ont des rapports de voisinage avec les lymphatiques et les nerfs de ces tissus, mais ils n'en possèdent pas à proprement parler.

Les *vaisseaux sanguins* du tissu conjonctif alimentent les lobules graisseux. Le développement du lobule est précédé par la formation d'une artériole, se terminant en nombreux capillaires qui se répandent dans le lobule. Chaque cellule est entourée par un réseau capillaire, qui lui apporte les matériaux nécessaires à la transformation du protoplasma en graisse. Les artérioles forment, avec les veinules correspondantes, un petit territoire capillaire, que Renaut compare au limbe d'une feuille, *réseaux limbiformes*. C'est lorsque ce réseau est constitué, que les cellules plates du tissu conjonctif évoluent en vésicules graisseuses.

Graisse libre. — Il existe de la graisse libre, indépendante des cellules graisseuses. En examinant les éléments du tissu graisseux, on aperçoit souvent des gouttelettes libres. Elles ont l'aspect des cellules graisseuses ; mais comme elles sont complètement arrondies, qu'elles se fusionnent entre elles et qu'elles se divisent en gouttelettes plus petites, on est assuré qu'elles n'ont pas de membrane d'enveloppe. Ces gouttelettes proviennent de la déchirure de quelques vésicules. Dans le chyle et dans le sang, pendant la digestion, on rencontre aussi de la *graisse libre*.

Propriétés physiologiques. — On sait positivement que le tissu adipeux constitue une provision emmagasinée par l'économie, qui s'en sert au besoin ; les animaux hibernants perdent leur graisse pendant leur long sommeil. En effet, pendant l'inanition, la graisse est reprise et sert à fournir une partie de l'acide carbonique de la respiration ; elle joue, en ce cas, le rôle d'un aliment non azoté, ou respiratoire : un sujet maigre meurt d'inanition plus vite qu'un sujet gras (voy. plus loin : *comment on engraisse*).

Développement. — C'est dans le pli de l'aine, au fond de l'orbite, et dans la boule graisseuse de Bichat, que se montre d'abord le tissu adipeux. Il commence à paraître à la fin du deuxième mois de la vie embryonnaire.

Les cellules adipeuses, en quelque point qu'elles apparaissent, se développent aux dépens des cellules du tissu conjonctif.

La cellule graisseuse est absolument comparable à une cellule végétale. Comme cette dernière, elle est pourvue d'une membrane d'enveloppe doublée d'une couche de protoplasma. De même que le protoplasma de la cellule végétale présente des vacuoles remplies de suc cellulaire, de même le protoplasma de la cellule graisseuse se creuse d'une vacuole dans laquelle se dépose la graisse.

Au début, la cellule graisseuse est une sphère de protoplasma nue avec un noyau. Elle peut être fusiforme ou étoilée. Quand

cette cellule se transforme en vésicule graisseuse, on voit des gouttelettes grasses se former dans le protoplasma ; celles-ci

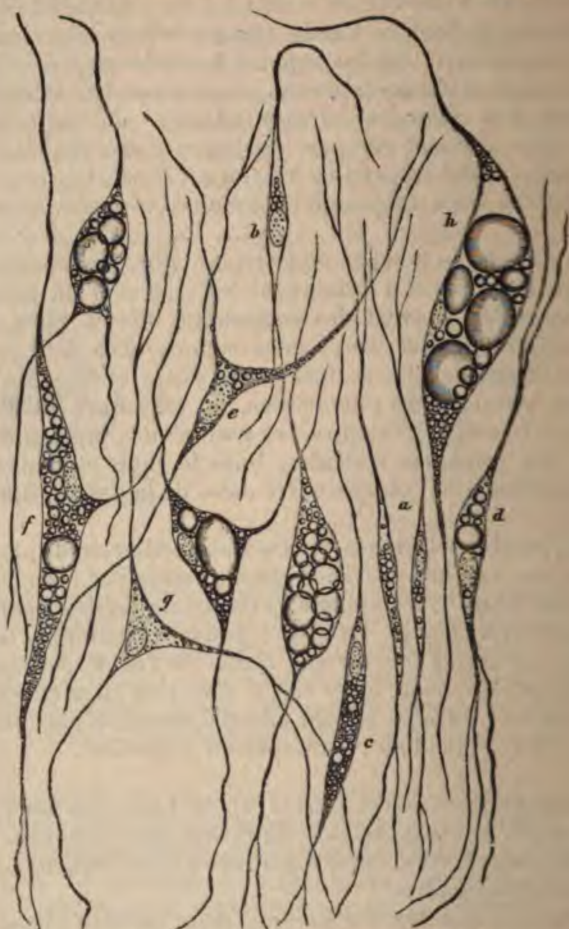


Fig. 727. — Vésicules adipeuses en voie de développement, d'après Ch. Robin. On voit, d'après ce dessin, que Ch. Robin faisait naître la graisse directement par gouttelettes dans le tissu conjonctif, opinion qui n'a plus cours aujourd'hui.

a, *b*, cellules fusiformes. — *c*, *d*, état plus avancé de la transformation graisseuse. — *e*, *f*, *g*, corpuscules étoilés se changeant en graisse. — *h*, grosses gouttelettes graisseuses.

grossissent, se fusionnent et remplissent la cellule. Pendant que la substance grasse se forme, le protoplasma a sécrété la membrane de la cellule graisseuse.

Il est intéressant de connaître le mécanisme interne de la formation des gouttelettes graisseuses, qui remplissent la cellule adipeuse.

Il y a à peine un demi-siècle, on croyait que la graisse était déposée par la circulation dans les mailles du tissu conjonctif à l'état de gouttes libres. Les progrès de l'histologie et de la physiologie ont montré que la graisse de la cellule est formée par une élaboration du protoplasma des cellules du tissu conjonctif, aux dépens des matériaux apportés par le sang. Ces matériaux sont surtout fournis par les aliments féculents. C'est pour cela qu'on engraisse les animaux avec les féculents.



Fig. 728. — Développement des vésicules graisseuses.

1, cellules conjonctives. — 2, plusieurs de ces cellules devenues fusiformes et s'entourant déjà d'une mince membrane. — 3, deux corpuscules du tissu conjonctif, dans lesquels se développe une grosse goutte de graisse qui refoule insensiblement le noyau contre la paroi.

La graisse étant formée par le protoplasma de la cellule aux dépens des féculents de l'alimentation, la cire étant fournie par des abeilles ne mangeant que du sucre, selon Hubert, de Genève (1), on comprend que le protoplasma des cellules prend certains matériaux au sang et les élabore en produits nouveaux, comme l'ont démontré les expériences de Leydig, Magendie et Cl. Bernard.

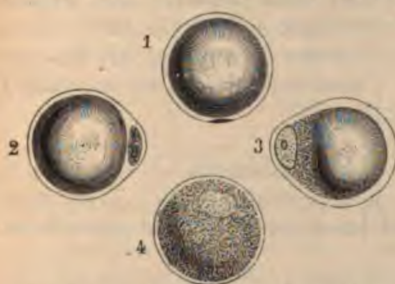


Fig. 729. — Irritation des cellules adipeuses.

1, le noyau commence à augmenter de volume. — 2, le protoplasma augmente de volume. — 3, le protoplasma se gonfle et la matière grasse se résorbe. — 4, la matière grasse a complètement disparu, elle est remplacée par le protoplasma. La cellule adipeuse est devenue cellule embryonnaire.

Comment on maigrit, comment on engraisse. — Nous venons de voir comment la graisse se forme dans l'organisme, comment un animal engraisse. Dans l'amaigrissement, la graisse qui remplit la cellule diminue à mesure que la couche de protoplasma augmente. La substance graisseuse est résorbée et la cellule redevient cellule ordinaire ou cellule plate du tissu conjonctif. En même temps la membrane de la cellule disparaît.

(1) Voir Kauffmann. *Société de biologie*, 1896.

Ces phénomènes, provoqués par l'amaigrissement, s'observent très intenses pendant l'inflammation. Provoquez une *inflammation artificielle* du tissu cellulo-graisseux ; la graisse des cellules disparaît, le protoplasma augmente de volume en même temps que le noyau se divise par karyokinèse, et la cellule adipeuse, proliférant rapidement, donne naissance à un grand nombre de cellules filles formées de protoplasma nu contenant un noyau. Comme après l'amaigrissement, ces jeunes cellules embryonnaires peuvent se transformer en cellules plates ou fixes du tissu conjonctif. La cellule a donc pris une marche inverse à celle qu'elle avait suivie pour passer de corpuscule de tissu conjonctif à l'état de cellule graisseuse. Ranvier a montré que l'inflammation ramène la plupart des éléments anatomiques à la forme primitive, embryonnaire (*Des lésions du tissu conjonctif lâche dans l'œdème ;* comptes rendus de l'Académie des sciences, 1892) (fig. 725).

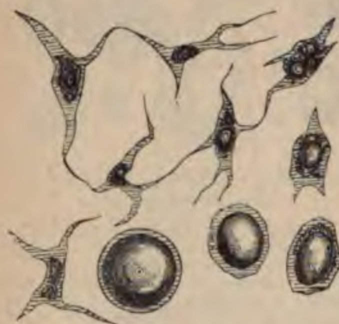


Fig. 730. — Éléments du lipome myxomateux. On voit en haut les corpuscules étoilés du tissu muqueux ; à droite, ils commencent à se charger de graisse ; en bas, ils sont presque complètement transformés en vésicules adipeuses. On voit d'après ce dessin que Ch. Robin faisait naître, à tort, la graisse directement par gouttelettes dans le tissu conjonctif.

Accroissement. — Les cellules jeunes sont petites : il est rare d'observer de grosses cellules sur les embryons. Elles grossissent insensiblement.

Le tissu adipeux se forme aux dépens des féculents surtout, tandis que les autres tissus sont formés principalement par les substances azotées, chair des muscles, etc.

Quand une personne engraisse régulièrement, c'est-à-dire partout en même temps, les formes sont plus belles, pourvu que l'embonpoint soit limité. Mais l'embonpoint régulier est rare ; les uns engraissent surtout à la nuque, d'autres à l'abdomen, quelques-uns aux cuisses. On appelle *obésité* l'embonpoint exagéré, et *polysarcie* l'obésité encore exagérée.

Les vésicules graisseuses sont parfois si abondantes qu'elles infiltrent certains tissus qui en sont ordinairement dépourvus : état graisseux des muscles, du cœur, etc. Ne pas confondre ces état de surcharge graisseuse, physiologiques pour ainsi dire, avec

la *dégénérescence* des cellules épithéliales des viscères, sous l'influence de la maladie (maladie de Bright) ou de l'alcoolisme (dégénérescence graisseuse du foie, du rein, etc.).

Les *lipomes* sont des saillies, de vraies tumeurs, formées de tissu adipeux ; ces tumeurs ne sont gênantes que par leur volume ; elles ne récidivent pas quand on les a enlevées. Dans certains lipomes, on trouve du tissu conjonctif à l'état muqueux, dans le *lipome myxomateux* par exemple.

On observe parfois une *diathèse lipomateuse;* des lipomes plus ou moins volumineux apparaissent dans plusieurs régions en même temps.

La figure 731 est un bel exemple de lipomes multiples. Ils existaient, au nombre de huit, sur Émilie Sève, âgée de dix-huit ans, de Morlaix (Finistère), Ces tumeurs se sont développées en sept années. La plus volumineuse fut extraite avec succès le 20 juillet 1819, par le Dr Dagorn. Mais aussitôt après, les autres tumeurs augmentèrent rapidement.



Fig. 731. — Diathèse lypomateuse, dessin communiqué par le baron H. Larrey.

§ 2. — TISSU ÉLASTIQUE

Préparation. — Le meilleur réactif qui permet de bien étudier le tissu élastique est l'acide picrique ; il colore les fibres en jaune d'or. Pour obtenir une bonne préparation, on fait dans le tissu conjonctif une injection de picrocarmin et, dans la boule d'œdème artificiel ainsi produite, on peut voir facilement, par la dissociation, les éléments conjonctifs colorés en rouge et les fibres élastiques colorées en jaune. L'iode colore aussi les fibres élastiques en jaune. La fuchsine, l'éosine et le bleu d'aniline colorent les fibres élastiques. Les solutions d'acide osmique à 1 p. 100 permettent de voir les fines striations transversales que présentent les fibres élastiques. Enfin, en faisant bouillir les tissus conjonctifs qui contiennent des éléments élast[illegible] on dissout tous les éléments conjonctifs ; seuls, les éléments élastiques [illegible]tent et peuvent être facilement étudiés.

Les éléments élastiques sont très répandus dans les poin[illegible] plus divers de l'organisme. Nous savons déjà q[illegible]ent

tique constitue un des principaux éléments du tissu conjonctif. On rencontre le tissu élastique en grande quantité dans le poumon; il forme à lui seul certains organes, tels que les ligaments jaunes des vertèbres, la tunique moyenne des grosses artères, le ligament cervical de quelques animaux.

Propriétés générales. — Le tissu élastique appartient à la catégorie des tissus conjonctifs ; ses fibres, d'ailleurs, dérivent de la même substance amorphe intercellulaire que les fibrilles conjonctives.

Le tissu élastique est jaune. Sa propriété principale est d'être élastique ; on peut, en effet, comparer son rôle à celui que joue-



Fig. 732. — Préparation de fibres élastiques moyennes.

raient des lames plus ou moins épaisses de caoutchouc placées dans les mêmes points. Il a une consistance assez ferme ; son tissu paraît homogène.

L'élément élastique, vu au microscope, possède un pouvoir réfringent considérable. Ses bords sont nets et foncés ; le centre, plein, est jaune et brillant. Ses déchirures sont très nettes, et les parties divisées s'enroulent immédiatement sur elles-mêmes. Cet élément est essentiellement élastique ; il s'allonge lorsqu'il est distendu et peut, dans quelques régions, acquérir le double de sa longueur. Il revient subitement sur lui-même lorsqu'on cesse la traction.

Le tissu élastique contient la moitié de son poids d'eau, qu'il peut perdre par la dessiccation, et reprendre rapidement, si on le plonge ensuite dans ce liquide.

Les *réactifs chimiques* sont à peu près sans influence sur ce tissu. Ni l'eau, ni l'alcool, ni l'éther, ni les acides ne l'altèrent. Il partage cette propriété de résistance aux agents chimiques avec les épithéliums. Les éléments élastiques ne donnent pas de gélatine par la coction. Une solution de potasse concentrée, agissant à

froid, finit par gonfler et pâlir les fibres élastiques ; mais elles se dissolvent rapidement, si on fait bouillir ce liquide.

La composition chimique des éléments élastiques n'est pas exactement connue. Cependant les chimistes appellent *élasticine* la substance qui les compose. Cette substance est dissoute par les acides après plusieurs jours de coction.

Les fibres élastiques sont colorées par le bleu d'aniline, l'éosine et la fuchsine.



Fig. 733. — Fibres élastiques. *a*, fibres moyennes. — *b*, fibres fines.

Structure. — Ce tissu renferme un élément anatomique fondamental, l'*élastique,* et quelques éléments accessoires, fibres et cellules du tissu conjonctif, vaisseaux capillaires.

Quand on les examine au microscope, après dissociation, les éléments élastiques se présentent sous la forme de fibres légèrement ondulées, limitées par des bords très nets et formées d'un centre brillant fortement coloré en jaune. Après l'action de l'acide osmique (solution aqueuse au centième), le centre présente une légère striation. Les stries sont les interstices qui séparent les grains dont sont formées les fibres élastiques.

Les fibres élastiques présentent des dimensions variables; les unes sont très fines, les autres relativement volumineuses. Leur diamètre varie de 1 μ à 10 μ.

La disposition des fibres élastiques est variable. On voit des fibres allongées, régulières, qui s'anastomosent avec des fibres voisines pour former des réseaux ; on en voit d'autres, plus grosses, qui se divisent en 2 ou 3 fibres plus petites. Enfin, dans certaines régions, les fibres forment, en s'anastomosant, un réseau très serré, désigné sous le nom de *réticulum élastique.* C'est dans la tunique élastique des artères, et spécialement dans celle de l'aorte, qu'on trouve ce réticulum élastique. On l'appelle encore *réticulum fenêtré*, parce que les lames élastiques présentent en plusieurs points des trous, ou fenêtres.

Les *éléments accessoires* du tissu élastique sont extrêmement variables. Ainsi, le tissu élastique pur, comme celui de la tunique

moyenne des artères et des ligaments jaunes, est dépourvu de vaisseaux et de tissu conjonctif. Dans d'autres régions, au contraire, il est mêlé, en différentes proportions, au tissu conjonctif, qui présente tous ses éléments propres.



Fig. 734. — Fibres élastiques ramifiées et anastomosées.

Le professeur **Ranvier**, après Kölliker, pense que les **fibres** élastiques sont formées par des ***grains élastiques*** soudés bout à bout. Il **colore** ces grains en rose en les traitant **par** l'éosine, et les faisant **macérer** ensuite pendant vingt-quatre heures **dans** une solution de potasse à 40 p. 100.

Distribution et fonctions. — Le tissu élastique est destiné à **donner** de l'élasticité à certains **organes**, à certains tissus. Il fait l'office de **ressort**.

Il forme, à la **surface** du poumon, une couche sous-pleurale, et constitue les parois **des** lobules; aussi le poumon est-il éminemment élastique et peut-il être comparé à un ressort tendu pendant l'inspiration, et se détendant spontanément pendant l'expiration. C'est en vertu de cette élasticité que l'expiration ordinaire se fait sans le secours des muscles.



Fig. 735. — Lame élastique de la tunique moyenne des artères (membrane fenêtrée).

Le tissu élastique donne aux parois artérielles une grande élasticité, nécessaire à la circulation (voy. *Artères*). Ce sont encore les fibres élastiques, si abondantes dans le derme, qui donnent à la peau son élasticité.

Les ligaments jaunes, situés entre les lames des vertèbres, d'une épaisseur et d'une force considérables, montrent de la manière la plus évidente quel est le rôle du tissu élastique. Dans la station verticale, la colonne vertébrale est sollicitée en avant par le poids des viscères ; mais, d'un autre côté, elle est maintenue en arrière par la contraction des muscles du dos et de la nuque. Or, la contraction musculaire est essentiellement intermittente et ne dure jamais plus de quelques minutes ; par conséquent, la force constante des viscères lutte contre la force intermittente des muscles. C'est précisément pendant le relâchement musculaire que les ligaments jaunes élastiques font l'office d'un

ressort, sans cesse tendu, et luttant contre le poids des viscères.

Nous verrons bientôt que le tissu élastique n'est complètement développé qu'à l'âge de deux ou trois ans. Or, on sait que, dans la première année qui suit la naissance, la colonne vertébrale de l'enfant est incurvée en avant, et que les muscles postérieurs ne sont pas assez puissants pour lutter contre le poids des viscères. Avant cet âge, les courbures de la colonne ne sont pas encore formées.

En somme, le tissu élastique est partout en antagonisme avec l'action de la pesanteur ou de la contraction musculaire.

Les propriétés vitales de ce tissu sont fort obscures ; sa nutrition présente la plus grande analogie avec celle des cartilages articulaires ; elle se fait par imbibition aux dépens du liquide exsudé des vaisseaux du voisinage.

Mode de formation. — Dans les premiers temps de la vie embryonnaire, on ne trouve pas de tissu élastique; il y a du tissu conjonctif à la place qu'il doit occuper. Son évolution commence vers le troisième ou quatrième mois ; elle est terminée vers l'âge de deux ou trois ans.

Les fibres du tissu élastique se développent entre les cellules du mésenchyme, aux dépens de la substance intercellulaire qui sépare les corpuscules du tissu conjonctif.

1° Henle les appelait *fibres de noyau*, parce qu'il supposait que les fibres élastiques se formaient par allongement du noyau des cellules du tissu conjonctif, tandis que le protoplasma de ces cellules se transformait en fibrilles conjonctives.

2° Tout aussi erronée la conception de Virchow et de Robin, qui supposaient la transformation des prolongements anastomosés des cellules du tissu conjonctif en fibres élastiques, tandis que le noyau s'atrophiait.

3° Les fibres élastiques, selon Müller (1847), naîtraient de toutes pièces dans la substance fondamentale du cartilage, sans aucun lien avec les cellules cartilagineuses.

4° Selon Kölliker et Ranvier, les fibres élastiques résulteraient de la juxtaposition, en séries linéaires, de *corpuscules* ou *grains élastiques*. Ces fibres ont, au début, un aspect moniliforme. Les grains isolés ont les mêmes réactions que les fibres élastiques. La production de ces grains élastiques a lieu au milieu de la substance fondamentale du tissu conjonctif, comme celle des fibres conjonctives.

— Les fibres élastiques du *cartilage réticulé* seraient une émanation du protoplasma des cellules cartilagineuses, dont la capsule serait percée de trous à travers lesquels passent les fibres élastiques (A. Hertwig).

— Selon Kuskow (1887), c'est de la portion de protoplasma atte-nante au noyau des cellules cartilagineuses que naîtraient le fibres élastiques du cartilage réticulé.

Accroissement. — Il n'est pas douteux que les fibres élastique s'accroissent et que les grosses fibres ont d'abord été fines. On sait aussi que des membranes élastiques résultent de l'accroisse-ment et de la soudure des fibres; mais on ne connait pas les phéno-mènes intimes de leur accroissement. On suppose que de nou-velles molécules s'ajoutent à leur surface ; c'est là une simpl hypothèse.

On n'a jamais constaté aucune maladie propre au tissu élastique Les fibres élastiques se fondent, disparaissent, dans les tissu enflammés.

CHAPITRE V

TISSU CARTILAGINEUX

Préparation. — Le tissu cartilagineux est certainement l'un des plus faciles à étudier; il suffit de faire des coupes minces au moyen d'un rasoir. Pour rendre plus visible le contenu des cavités de cartilage, on peut plonger pendant vingt-quatre heures des lamelles cartilagineuses dans la liqueur suivante :

Eau distillée	15 gr.
Iodure de potassium	4 gr.
Iode	0 gr. 50 cent.

Faites dissoudre et conservez dans un flacon bouché à l'émeri.

Après l'immersion, le cartilage prend une teinte jaunâtre, et les cellules ont une couleur plus foncée.

Les lamelles cartilagineuses se dessèchent rapidement : il est préférable de les étudier dans un véhicule, eau ou glycérine.

L'acide osmique fixe les cellules dans les coupes du cartilage.

L'acide picrique constitue un excellent réactif pour l'étude des cellules de cartilage. Au début de son action, il ne déforme pas le protoplasma des cellules, comme les autres réactifs; il a encore pour avantage de toujours faire apparaître le noyau (Cornil et Ranvier). On peut se servir aussi de sérum qui n'altère pas les éléments du cartilage. Pour rendre évidente la capsule qui, refoulée par les cellules de cartilage, tapisse la paroi des cavités de cartilage, il faut traiter la pièce par les alcalis ou l'acide acétique, qui augmentent la transparence de la substance fondamentale. On peut encore isoler ces capsules en faisant bouillir et macérer le cartilage dans les alcalis et les acides; cet isolement s'obtient de lui-même dans les cartilages élastiques, ou réticulés, des grands mammifères (Kölliker).

On peut dissoudre la substance fondamentale du cartilage, et mettre ses cellules en liberté en fixant une lamelle de cartilage avec l'acide osmique et la faisant dissoudre ensuite dans la potasse (Zachariadès).

Ce qui caractérise ce tissu, ce sont les *cellules cartilagineuses*, dont les caractères ne se rencontrent dans aucun autre tissu.

Le tissu cartilagineux est très répandu dans l'organisme. Il forme le squelette de l'embryon (qui passe, ainsi que nous le verrons, par l'état cartilagineux), les cartilages costaux, les cartilages articulaires, les cartilages du nez, du larynx, de la trachée, des

bronches et des divisions bronchiques, une partie de la trompe d'Eustache.

Le tissu cartilagineux est un tissu dur, dépourvu de vaisseaux et de nerfs, et formé par des cellules spéciales plongées au milieu d'une substance intermédiaire (1).

Le tissu cartilagineux, le tissu conjonctif et le tissu osseux constituent les *tissus de substance conjonctive*, caractérisés par des cellules séparées par une substance fondamentale abondante. La substance fondamentale est molle dans le *tissu conjonctif lâche*, résistante dans le *tissu conjonctif condensé* et dans le *tissu cartilagineux*, dure et calcifiée dans le *tissu osseux*.

Je ne décrirai ici que le tissu cartilagineux proprement dit. Pour les cartilages en particulier, voir *cartilages articulaires*, *cartilages costaux*, *disques intervertébraux*, etc.

Il faut distinguer le *cartilage vrai*, ou *cartilage hyalin*, des *faux cartilages*.

1° *Cartilage vrai, cartilage hyalin.*

Ce tissu est composé d'une substance intercellulaire, de cellules, et souvent d'une membrane qui recouvre les cartilages et qui a reçu le nom de *périchondre*.

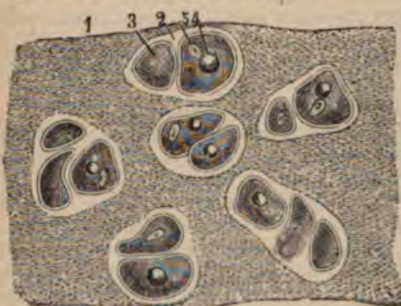


Fig. 736. — Cartilage hyalin.

1, substance fondamentale. — 2, chondroplaste. — 3, cellule cartilagineuse. — 4, gouttelette graisseuse dans une cellule cartilagineuse. — 5, noyau de la cellule. Une capsule entoure chaque cellule.



Fig. 737. — Deux cellules cartilagineuses.

1, capsule à double contour. — 2, noyau de la cellule. — 3, protoplasma périnucléaire.

1° *Substance intercellulaire.* — C'est la substance fondamentale du tissu cartilagineux. Transparente, amorphe, hyaline, sans

(1) Le cartilage devient vasculaire pendant l'ossification, de même que les cartilages intercostaux, au moment de leur calcification, dans la vieillesse. En dehors de ces cas, ce n'est que par exception qu'on a constaté la présence de vaisseaux dans le cartilage : pavillon de l'oreille (J. Meyer), cloison des fosses nasales (Kölliker), cartilages du larynx (Leydig).

structure, elle est une production exoplasmique des cellules cartilagineuses.





Fig. 738 et 739. — Deux préparations de cartilage hyalin.

Dans la figure 739, on voit des cellules d'un cartilage jeune avec cellules et capsules. — Dans la figure 740 le cartilage hyalin présente des cellules et des capsules dans une substance fondamentale prédominante avec gouttelettes graisseuses.

2° *Cellule cartilagineuse.* — Caractérisée par la présence d'une *capsule* qui l'entoure, la cellule cartilagineuse est arrondie ou ovoïde, et présente des dimensions variant entre 4 et 30 μ.

Son protoplasma, granuleux, remplit exactement la capsule. Il renferme un et souvent deux noyaux arrondis, possédant chacun de un à quatre nucléoles. Les granulations du protoplasma sont de diverses natures; l'acide osmique y révèle des granulations graisseuses



Fig. 740. — Multiplication endogène des cellules cartilagineuses.

1, une cellule cartilagineuse. — 2, division du noyau. — 3, division consécutive du protoplasma de la cellule. — 4, il existe deux cellules; chacune s'est entourée d'une capsule. — 5, segmentation plus avancée; il y a quatre cellules pourvues chacune d'une capsule. — 6, la prolifération marche rapidement. Le groupe résultant de la multiplication reste un peu cohérent par la suite, d'où le nom de famille donné à ces groupes par G. Pouchet.



Fig. 741. — Capsules de cartilage, dont les plus extérieures se confondent avec la substance intercellulaire.

1, cellule. — 2, capsules récentes. — 3, capsules plus anciennes. — 4, capsules se confondant avec la substance intercellulaire.

qu'il colore en noir; au moyen de la teinture d'iode, on y trouve des granulations de glycogène qui sont colorées en brun acajou.

La *capsule cartilagineuse*, ou enveloppe de la cellule, est sécrétée par la cellule elle-même. C'est là le caractère essentiel de la cellule du cartilage, de s'entourer d'une membrane, ou capsule, immédiatement après son apparition.

La capsule est assez épaisse, 3 à 8 μ, elle présente un double contour.

C'est dans sa propre capsule que la cellule cartilagineuse se multiplie. On peut constater la présence d'une certaine quantité, d'une *famille* de cellules-filles, dans la même *capsule-mère*, mais chacune d'elle s'entoure à son tour, un peu plus tard, d'une nouvelle capsule, *capsule-fille*. Les jeunes cellules refoulent l'ancienne capsule, qui se détruit et se confond avec la substance intercellulaire. Ce mode de formation a déjà été étudié sous le nom de *formation endogène* des cellules (voy. *Cellule*). Robin a donné le nom de *chondroplastes* aux cavités du cartilage dans lesquelles sont contenues les cellules. On donne aux jeunes cellules cartilagineuses le nom de *chondroblastes*.



Fig. 742. — Préparation de cartilage hyalin.

1, substance fondamentale. — 2, cavité de cartilage. — 3, cellule cartilagineuse. — 4, gouttelette graisseuse dans une cellule cartilagineuse. — 5, noyau de la cellule. Une capsule entoure chaque cellule,



Fig. 743. — Capsules de cartilage, déformées par l'eau (Kölliker).

1 et 2, deux cellules cartilagineuses entourées de capsules, dont le protoplasma a été altéré par l'eau. — 3, jeune cellule contenue dans la primitive capsule.

Périchondre. — Le périchondre, comparable au périoste des os, est une membrane fibro-vasculaire qui sert à l'accroissement et à la nutrition des cartilages. Il adhère au cartilage, comme le périoste adhère aux os. Les cartilages articulaires en sont seuls dépourvus.

On y trouve deux couches distinctes : la *couche externe* formée de tissu conjonctif avec fibres élastiques et vaisseaux sanguins, et la *couche interne* formée uniquement de faisceaux de fibres de tissu conjonctif entre-croisés en tous sens, et très pauvres

en fibres élastiques et en vaisseaux. On donne à la couche interne le nom de *couche chondrogène*.

La surface interne est très adhérente à la substance cartilagineuse, tandis que la surface externe est en rapport avec les tissus voisins.

Le périchondre du squelette cartilagineux du fœtus devient périoste quand l'ossification a lieu.

Caractères chimiques. — La substance cartilagineuse, quoique dérivée du tissu conjonctif, ne se combine pas au tanin pour former un composé imputrescible, comme le tissu conjonctif. La substance du cartilage est la *cartilagéine*, qui donne la *chondrine* par une coction prolongée. L'hématoxyline colore la substance cartilagineuse en bleu-violet ; le bleu de quinoléine la colore en bleu.

Dans les cartilages en voie de développement, la substance fondamentale ne donne pas encore de la chondrine ; on n'obtient celle-ci que dans les cartilages formés.

Le cartilage résiste à la putréfaction ; il peut rester pendant très longtemps dans les foyers de suppuration sans s'altérer.

L'eau altère le protoplasma des cellules cartilagineuses ; elle passe par endosmose à travers la capsule et produit un ratatinement du protoplasma.

Développement. — De même que tous les tissus de substance conjonctive, le tissu cartilagineux est une production du mésoderme. Les cellules embryonnaires mésenchymateuses formeront les cellules cartilagineuses, et la substance qui les sépare deviendra de la cartilagéine.

Cartilage embryonnaire. — Il est impossible, au début, de distinguer les cellules qui seront cartilagineuses de celles qui resteront cellules du tissu conjonctif. On constate seulement un léger écartement des cellules et la production d'une substance intercellulaire reconnaissable au moyen des réactifs qui font reconnaître la cartilagéine ; elle est colorée en bleu par le bleu de quinoléine et en bleu-violet par l'hématoxyline.



Fig. 744. — Cartilage embryonnaire.

1, 2, cellules jeunes transparentes. — 3, cellule à protoplasma opaque sans noyau visible. 4, cellule avec un reste de protoplasma opaque.

Les cellules s'arrondissent, et elles n'ont pas encore de capsule cartilagineuse. Tel est le cartilage embryonnaire.

Peu après, le protoplasma des cellules s'allonge et prend des formes diverses ; les cellules deviennent fusiformes, triangulaires, etc., et on peut constater leur multiplication énergique par karyokinèse.

Plus tard, quand le cartilage s'achève, pour ainsi dire, les cellules exhalent une substance qui se transforme en membrane, en capsules de cartilage. Chaque cellule s'entoure de plusieurs capsules, et à mesure qu'il s'en produit de nouvelles, les plus extérieures se fusionnent avec la substance fondamentale intercellulaire.

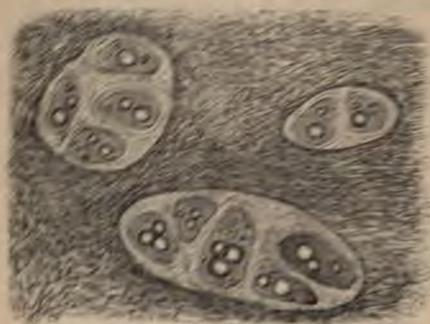


Fig. 745. — Cartilage costal. Préparation prise sur un chien adulte. Gr. 580.

Le périchondre se montre de très bonne heure ; on le trouve sur des embryons de 2 centimètres de longueur (Retterer).

Nutrition, accroissement et vieillesse des cartilages. — Le tissu cartilagineux, absolument dépourvu de vaisseaux et de nerfs, emprunte, par endosmose, aux tissus voisins les matériaux nécessaires à sa nutrition. Dans un seul cas, le cartilage peut être envahi par des éléments vasculaires ; c'est au moment de l'ossification, comme nous le verrons en étudiant le tissu osseux, et de la calcification des cartilages périchondrés.

Dans ces derniers temps, on a cru découvrir dans le cartilage des *canalicules de nutrition*, qu'on a nommés canalicules du suc (Hénocque, 1873 ; Van der Stricht, 1886). Selon Renaut, il s'agirait là d'une altération de la préparation microscopique, donnant lieu à une illusion d'optique.



Fig. 746. — Préparation du cartilage costal chez un vieillard. Les cellules cartilagineuses renferment des gouttelettes graisseuses.

Les cartilages s'accroissent : 1° par l'augmentation de la substance intercellulaire qui, en se développant, écarte les cellules les unes des autres ; 2° par l'augmentation de volume des cellules qui passent de l'état embryonnaire à l'état adulte ; 3° par la multiplication des cellules-mères et la mise en liberté des cellules-filles ; 4° par de nouvelles cellules cartilagineuses venues du périchondre.

Dans la couche chondrogène du périchondre, les cellules du tissu conjonctif se transforment en cellules cartilagineuses ; elles s'arrondissent et exhalent autour d'elles de la cartilagéine et des capsules ; les faisceaux conjonctifs eux-mêmes, venus du

chondre, disparaissent dans le cartilage et se transforment en cartilagéine.

C'est grâce à cet accroissement incessant que le squelette cartilagineux peut suivre les divers degrés de croissance du corps humain.

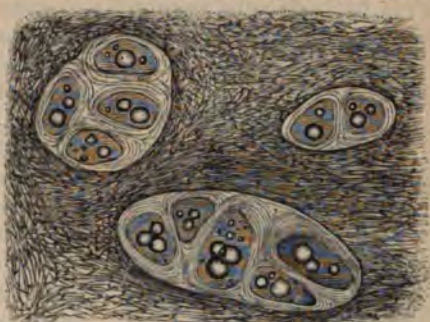


Fig. 747. — Cartilage costal. Préparation prise sur un chien adulte. Gr. 580. Aspect fibroïde.

Arrivé à l'état adulte parfait, le cartilage se maintient tel pendant un certain temps ; puis après un certain nombre d'années, comme tous les tissus de l'organisme, il vieillit, et l'on observe alors les phénomènes suivants. De la graisse se développe au sein des cellules cartilagineuses ; des sels calcaires se déposent dans la substance fondamentale, le cartilage *se calcifie*, mais il ne s'ossifie pas, comme on l'avait



Fig. 748. — Structure des chondromes.

1, faisceau fibreux. — 2, substance cartilagineuse homogène. — 3, cellule de cartilage. — 4, cellule cartilagineuse avec sa capsule. — 5, portions de faisceaux fibreux entourant les lobules cartilagineux. — 6, cellules cartilagineuses isolées ; à gauche, vieille cellule libre ; au-dessus, cellule jeune ; à droite, vieille cellule avec sa capsule. (Grossissement de 300 diamètres).

prétendu, car il lui manque l'élément essentiel de l'os, l'ostéoplaste, ou corpuscule osseux.

La vitalité des cellules cartilagineuses est prouvée par l'expérience suivante : faites une blessure à un cartilage, les cellules avoisinantes proliféreront immédiatement et formeront au niveau de la perte de substance une substance molle, entièrement formée de jeunes cellules embryonnaires issues des cellules du cartilage. La blessure ne se cicatrise pas par de la substance cartilagineuse, mais bien par du tissu fibreux.



Fig. 749. — Enchondrome des doigts.

On observe parfois la *production hétérotopique* (1) du cartilage qui forme des *chondromes*. On les trouve dans le testicule, la parotide, la mamelle, le périoste, la peau, les muscles. Ces tumeurs sont peu ou pas vasculaires. S'il y a des vaisseaux, on trouve quelquefois autour d'eux des éléments de la moelle. Toutes les variétés de cartilage peuvent se trouver dans ces tumeurs, le cartilage fœtal principalement.

Lorsque les tumeurs cartilagineuses prennent leur point de départ dans les os, on les appelle *enchondromes*.

Variétés. — La description précédente s'applique au *cartilage vrai*, au *cartilage hyalin*, dont j'ai indiqué la distribution. Nous devons jeter un coup d'œil rapide sur les variétés de cartilages, ou mieux indiquer les diverses dénominations qui ont eu cours dans la science relativement au cartilage hyalin.

On donne le nom de *cartilage embryonnaire* à une forme de cartilage transitoire, lorsqu'il n'est encore formé que de cellules rondes n'ayant pas encore de capsules (voy. plus haut).

On le trouve dans les points où du cartilage doit se développer ; dans le cal des fractures, au bord des os du crâne en voie de formation, et aux extrémités de la diaphyse des os longs pendant leur accroissement.

Le *cartilage fœtal* précède les os du tronc et des membres ; chez le fœtus de deux mois, il forme à lui seul la charpente du corps, à l'exception du crâne. Dans une substance fondamentale

(1) Du grec *éteros* (ἕτερος) autre et *topos* (τόπος) lieu.

homogène, on voit les cellules de cartilage plus abondantes que dans le cartilage adulte. En raison du mouvement nutritif, ces cellules se multiplient rapidement et sont, par conséquent, nombreuses dans les cavités qui les renferment, au point de devenir fusiformes, triangulaires, polyédriques par suite de la pression qu'elles supportent de la part des cellules voisines. On peut voir des cellules dont le noyau s'est déjà divisé, et l'on peut assister quelquefois aux phénomènes de la multiplication des cellules.

On appelle *cartilage calcifié* celui qui s'infiltre de sels calcaires, comme on le voit chez les vieillards et dans le cartilage, au moment de l'ossification.



Fig. 750. — Cartilage fœtal au moment de l'ossification. On y voit la substance fondamentale et les cellules en prolifération ; ces cellules se multiplient si rapidement que la capsule cartilagineuse n'a pas eu le temps de se former.

Le *cartilage permanent* est celui qui ne se transforme pas et reste à l'état permanent, comme les cartilages articulaires, les cartilages costaux et ceux des voies respiratoires. On le trouve encore sur les surfaces osseuses des symphyses, dans la petite échancrure sciatique, au-dessous du point de réflexion du tendon de l'obturateur interne ; dans le crochet de l'apophyse ptérygoïde, au-dessous du tendon du péristaphylin externe ; sur le calcanéum, à la face profonde de la bourse séreuse qui sépare cet os du tendon d'Achille, et sur la poulie du tendon du grand oblique de l'œil.

2° *Faux cartilages.*

Je désigne sous ce nom le cartilage élastique, ou réticulé, et le fibro-cartilage.

Le **cartilage élastique** ou **réticulé** forme l'épiglotte, le sommet des cartilages aryténoïdes, les cartilages corniculés de Santorini et les cartilages de Wrisberg (larynx), le pavillon de l'oreille et une partie de la trompe d'Eustache.

Le caractère principal du cartilage élastique est de présenter une énorme quantité de fibres élastiques entre les cellules. Les cellules y sont plus petites que dans le cartilage vrai et les capsules moins apparentes.

Au moment de sa formation, le cartilage élastique est d'abord du cartilage hyalin formé de *cartilagéine*. Les fibres élastiques s'y montrent et augmentent de nombre jusqu'à disparition complète de la cartilagéine.

Le cartilage élastique est pourvu d'un périchondre identique à celui du vrai cartilage.



Fig. 751. — Cartilage réticulé. On y voit le réseau des fibres élastiques, les cellules cartilagineuses, les capsules primitives, les cavités de cartilage.

Le **fibro-cartilage** forme les disques intervertébraux, les fibro-cartilages des amphiarthroses, les ménisques articulaires, le bourrelet glénoïdien et le bourrelet cotyloïdien.

De même que le cartilage élastique appartient au tissu élastique par sa substance fondamentale et au tissu cartilagineux par ses cellules, de même le fibro-cartilage est cartilage par ses cellules et tissu fibreux par la substance qui les sépare.

Les cellules situées dans les interstices des faisceaux de tissu conjonctif sont arrondies, petites, et au nombre de deux ou trois seulement dans une *capsule-mère*.

Au moment de sa formation le fibro-cartilage est du tissu conjonctif pur, dans lequel les cellules du tissu conjonctif ont évolué en cellules cartilagineuses.



Fig. 752. — Fibro-cartilage.

Sappey a décrit des vaisseaux et des nerfs dans les fibro-cartilages. Dans certains fibro-cartilages, la partie centrale est dépourvue de vaisseaux ; dans ce cas, ceux-ci se dirigent de la circonférence vers le centre, et rétrogradent avant d'y arriver, pour former une couronne d'anses vasculaires autour du centre. Ceci s'observe pour les fibro-cartilages des articulations temporo-maxillaire, sterno-claviculaire et cubito-carpienne.

On appelle *fibro-cartilages faux* les organes qui, comme les *cartilages tarses* des paupières, ont l'apparence des fibro-cartilages et ne renferment pas des cellules cartilagineuses.

Les *plaques chondroïdes* de Ranvier montrent avec quelle facilité le tissu fibreux se transforme en cartilage. Au moment où un petit tendon s'attache sur le cartilage, il se transforme en tissu cartilagineux.

CHAPITRE VI

TISSU OSSEUX

Le *tissu osseux* est un des tissus de la substance conjonctive formée de cellules séparées par une substance intercellulaire solide incrustée de sels calcaires.

Préparation. — Quand on veut étudier au microscope le tissu osseux, on peut se proposer deux buts : ou bien étudier l'os à l'état sec ; ou bien l'étudier avec ses éléments anatomiques. Dans le premier cas, il suffit de détacher sur un os sec, et d'un trait de scie, une tranche osseuse, qu'on use ensuite entre deux pierres ponces ou sur une meule à grain très fin, jusqu'à ce qu'on obtienne une lamelle transparente et excessivement fine. Sur une pièce ainsi préparée et montée dans le baume sec, on voit très nettement les canalicules et les divers orifices osseux.

Pour voir les cellules osseuses et la moelle des os, il faut procéder autrement, car le point le plus important est de ramollir et de décalcifier les os pour qu'ils puissent être coupés au rasoir. Le meilleur des réactifs à employer dans ce cas est le liquide de Kleinenberg, dont voici la composition :

Acide picrique en saturation dans l'eau :	1.000 cent. cubes.
Acide azotique :	2 cent. cubes.

Ce liquide a le double avantage de dissoudre la substance calcaire et de fixer les éléments anatomiques de l'os qu'on veut étudier.

Enfin, quand on veut étudier les rapports du tissu osseux et de ses vaisseaux, on n'a qu'à injecter dans le système circulatoire d'un animal de la gélatine colorée en bleu de Prusse.

M. Bourgogne, notre excellent préparateur de pièces microscopiques, procède différemment : il prépare des rondelles osseuses qu'il use à la meule. Lorsqu'elles ont atteint un degré suffisant d'amincissement, il les plonge pendant quelques jours dans l'acide picrique dilué pour fixer les cellules osseuses, puis dans une dilution d'acide chlorhydrique au 50e, au 40e, au 30e, selon qu'on est plus ou moins pressé. On obtient ainsi des pièces décalcifiées.

On peut également faire séjourner des fragments d'os pendant plusie[...] dans l'acide chlorhydrique dilué. On fait ensuite des coupes au raso[...] plonge les lamelles dans l'acide picrique dilué, ou dans le picro-[...] d'ammoniaque, pendant quelques jours.

ARTICLE PREMIER

DES OS A L'ÉTAT SEC (SUBSTANCE OSSEUSE)

La substance de l'os est partout la même. Si l'on divise un os quelconque, on voit qu'il est formé, à la surface, par une couche blanche, condensée, plus ou moins épaisse, à laquelle on donne le nom de *substance compacte*. L'intérieur de l'os est constitué par de minces cloisons, qui s'entre-croisent pour limiter des cavités plus ou moins larges, communiquant toutes entre elles dans le même os ; l'ensemble de ces cloisons et de ces cavités forme la *substance spongieuse*. Dans certains points indéterminés de la diaphyse, et principalement aux extrémités du canal médullaire des os longs, on trouve des filaments osseux très déliés et entre-croisés, auxquels Gerdy a donné le nom de *tissu réticulaire* (1).

La substance compacte et la substance spongieuse sont d'une texture identique, et ne diffèrent que par la forme condensée de l'une d'elles, lâche et aréolaire de l'autre. S'il était permis d'établir cette comparaison, nous dirions que la substance spongieuse est à la substance compacte ce qu'un fragment de mie de pain est à la masse condensée et serrée qu'elle forme après avoir été pétrie.

Composition chimique. — La constitution des os est différente, suivant qu'on examine un os sec ou frais. L'os sec, qui forme le squelette artificiel dont on se sert pour l'étude, est uniquement constitué par la substance osseuse ; tandis qu'à l'état frais, l'os est formé non seulement de substance osseuse, mais encore d'une membrane extérieure, le périoste ; d'un contenu qui remplit les vides de la substance osseuse, la moelle ; enfin de vaisseaux et de nerfs.

Les os sont composés d'une *matière organique* et d'une *matière inorganique*, soit qu'on examine la substance spongieuse ou la substance compacte, soit un os long, soit un os plat ou un os court.

(1) Je ferai remarquer que je dis *substance compacte* et *substance spongieuse*, expressions plus conformes aux notions anatomiques que les expressions *tissu compact* et *tissu spongieux* employée par les auteurs les plus récents. Le mot tissu implique l'association de la substance osseuse à d'autres éléments, tels que vaisseaux et nerfs. J'ajouterai qu'on ne doit pas dire *tissu compact*, parce que tissu est du genre masculin. On doit dire *tissu compact*.

D'après Berzélius, ces deux matières seraient associées dans les proportions suivantes :

MATIÈRE ORGANIQUE

Matière animale réductible par la coction	32,17	33,30
Matière animale insoluble	1,13	

MATIÈRE INORGANIQUE

Phosphate de chaux	51,04	66,70
Carbonate de chaux	11,30	
Fluate de chaux	2,00	
Phosphate de magnésie	1,16	
Soude et chlorure de sodium	1,20	
	100,00	

On peut séparer la partie organique d'un os de la partie inorganique. Si l'on fait brûler un os jusqu'à calcination, la matière organique est complètement détruite, et il ne reste plus que les sels, qui conservent encore la forme de l'os, mais qui se réduisent en poussière au moindre contact.

Si on le soumet à l'action de l'acide chlorhydrique étendu, les sels de l'os sont dissous, et il ne reste que la matière organique molle, élastique, conservant la forme de l'os. Cette matière ne se dissout pas dans les alcalis aussi facilement que la fibrine et l'albumine; elle se décompose facilement par l'action de l'eau bouillante, qui la fait passer à l'état soluble. A cet état, elle prend le nom de gélatine, et se prend en masse par le refroidissement. Cette matière organique, différente de l'albumine, de la fibrine et de la gélatine au moment où elle vient d'être obtenue, a reçu le nom d'*osséine* ou *ostéine* (Robin et Verdeil). L'osséine ainsi obtenue, traitée par l'eau bouillante, laisse voir la mince pellicule qui tapisse la cavité des ostéoplastes.

Les proportions de matières organique et inorganique varient-elles avec l'âge ? C'était l'opinion de Bichat, combattue par Nélaton et Sappey. Ces savants ont remarqué :

1° Que la partie organique diminue jusqu'au complet développement des os, les sels augmentant dans les mêmes proportions;

2° Depuis le moment où l'ossification est complète (vingt-cinq ans), jusqu'à l'extrême vieillesse, les proportions des deux substances ne changent pas ;

3° Dans l'extrême vieillesse, on voit se produire un phénomène inverse de celui qu'on remarque sur les jeunes sujets, c'est-à-dire augmentation de la partie organique et diminution des sels.

Dans ces expériences, qui ont été faites sur des sujets de tout âge, les différences entre les deux substances sont tellement minimes que nous continuerons à considérer la substance osseuse

comme un composé défini : ce sont les conclusions de Nélaton et Sappey; c'était aussi l'opinion de Malgaigne.

Ajoutons cependant que les sels sont plus abondants dans la substance compacte que dans la substance spongieuse.



Fig. 753. — Substance spongieuse du col du fémur d'un adulte (cinquante ans). Les parois compactes du col sont un peu amincies par l'âge, et la substance spongieuse est raréfiée.

Au point de vue microscopique, l'os sec est uniquement formé de substance osseuse; celle-ci constitue l'élément anatomique fondamental du tissu des os frais.

La *substance osseuse* est une substance fondamentale, combinée intimement avec les sels calcaires, qui la rendent dure et rigide. Elle est creusée de petites cavités appelées *ostéoplastes*, et de canaux connus sous le nom de *canaux de Havers* (1) et *canaux de Volkmann*.

(1) Havers (Clopton), médecin à Londres, vivait pendant la seconde moitié du XVII[e] siècle et au commencement du XVIII[e].

Substance fondamentale. — Elle résulte de la combinaison intime d'une matière organique, matière collagène, l'*osséine*, et de sels, phosphate et carbonate de chaux principalement. Dure et rigide, cette substance est disposée par couches ; elle est, en un mot, lamelleuse ; quelquefois elle est homogène, granuleuse, ou même fibreuse.

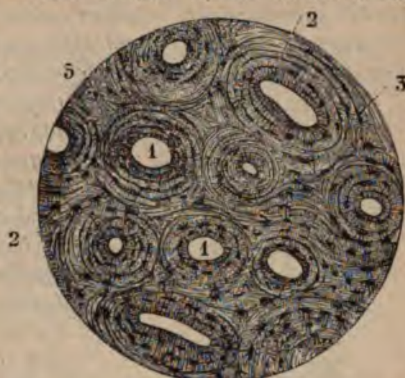


Fig. 754. — Coupe horizontale du fémur (Grossissement, 90).

1, 1, coupe des canaux de Havers. — 2, 2, système des lamelles de Havers. — 3, 3, ostéoplastes.

Sur des os calcinés, ou privés de leurs sels au moyen d'un acide, on peut voir distinctement les *lamelles osseuses*, qui affectent une disposition particulière dans les divers os.

La substance de chaque lamelle est homogène, et parsemée d'un pointillé granuleux très fin, pointillé, plus accentué surtout sur l'un des bords de la lamelle.

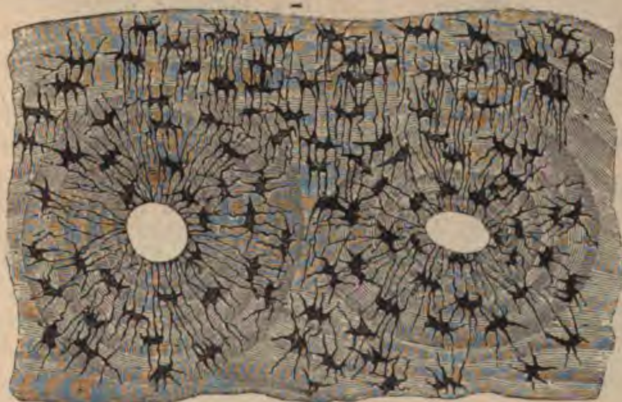


Fig. 755. — Tranche osseuse horizontale prise sur le corps du fémur. On y voit la coupe de deux canaux de Havers, les ostéoplastes avec leurs canalicules osseux. Autour des canaux de Havers, on voit le système des lamelles de Havers. En haut on distingue le système des lamelles périphériques.

1° *Lamelles osseuses des os longs.* — *a*. Sur le corps des os longs (diaphyse), les lamelles osseuses se distribuent en quatre

systèmes bien distincts : 1° autour de chaque canal de Havers, se trouve une série de lamelles emboîtées les unes dans les autres, formant le *système lamellaire de Havers* ; 2° à la périphérie de l'os, sous le périoste, toute la diaphyse est recouverte par une couche de lamelles concentriques, le *système des lamelles périphériques*, ou *système fondamental externe* ; 3° des lamelles osseuses également concentriques, entourent le canal médullaire, et forment le *système des lamelles périmédullaires*, ou *système fondamental interne* ; 4° enfin, dans les interstices des canaux de Havers, indépendantes des systèmes lamellaires de ceux-ci, se montrent de nouvelles lamelles osseuses, reliées aux systèmes des lamelles périphériques et médullaires : en raison de leur situation, elles sont désignées par le nom de *système des lamelles intermédiaires*.



Fig. 756. — Marge d'un canal de Havers de l'humérus de l'homme, 400 diam. (d'après Renaut).

1, canalicule osseux primitif s'ouvrant dans le canal de Havers. — 2, paroi de ce canal. — 3, 5, canalicules et prolongements des cellules anastomosées. — 6, cellules osseuses.

Les lamelles intermédiaires ne représentent pas des cercles complets, mais seulement des portions de cercle. Ce sont d'anciens systèmes de Havers, partiellement détruits par le développement.

b. Sur les extrémités des os longs (épiphyses), on ne trouve que des *lamelles périphériques* (formant à la superficie de l'os la couche de substance compacte qui le recouvre) et des *lamelles intermédiaires*, qui constituent les aréoles du tissu spongieux.

Cette division des systèmes lamellaires est très importante à retenir ; elle nous permettra de comprendre bientôt le développement du tissu osseux.

2° *Lamelles des os plats et des os courts*. — Comme les extrémités des os longs, ces os ne possèdent que des lamelles périphériques et des lamelles intermédiaires. Les canaux de Havers y font complètement défaut. Dans les os plats, les lamelles périphé-

riques forment les *tables interne et externe*, et les lamelles intermédiaires forment le *diploé*.

Pour l'étude des *lamelles* de substance osseuse, il faut prendre une coupe très mince et transversale de la diaphyse d'un os long imprégné de baume du Canada, qui a la propriété de remplir les ostéoplastes et les canalicules osseux et de les rendre invisibles.

On voit ainsi que les lamelles sont de deux ordres: les *lamelles homogènes* et les *lamelles striées*. Les premières sont brillantes, les autres présentent des stries traversant perpendiculairement la lamelle. Ce qui prouve que ces stries ne sont qu'une illusion d'optique, c'est que, dans les coupes verticales de l'os, les lamelles homogènes deviennent striées, et les lamelles striées deviennent homogènes.

Fibres de Sharpey. — En 1856, Sharpey décrivit des fibres osseuses venues du périoste et s'enfonçant perpendiculairement dans la substance osseuse, en croisant la direction des canaux de Havers, et en s'anastomosant entre elles. Ces *fibres perforantes*, de 15 μ en moyenne, sont les mêmes que les *fibres arciformes* de Ranvier. Elles ne se rencontrent qu'à la surface de l'os. Ce sont des faisceaux de tissu conjonctif venus du périoste, très abondants surtout à la voûte du crâne et dans les os de la face.



Fig. 757. — Fragment de périoste avec les fibres perforantes de Sharpey.

Ostéoplastes. — Les ostéoplastes, ou *corpuscules osseux*, sont des cavités microscopiques creusées au sein de la substance fondamentale, et décrites pour la première fois, en 1834, par Purkinje, et plus tard, en 1845, par Todd et Bowman. Ils existent partout où il y a de la substance osseuse, et ils la caractérisent : aussi les trouve-t-on entre les lamelles et dans leur épaisseur, dans la substance spongieuse la plus déliée, comme dans la substance compacte. L'ostéoplaste se présente sous la forme d'une petite cavité (1) ovoïde, lenticulaire ou polyédrique. Sa couleur paraît foncée, presque noire, parce que l'air a pénétré dans la cavité et que l'air réfléchit complètement la lumière. Les dimensions de ces cavités sont en moyenne : longueur, 20 μ; largeur, 5 à 15 μ; épaisseur, 5 à 10 μ. Leur nombre est si considérable

(1) Nous ne décrivons ici que la cavité de l'os sec; plus loin, nous étudierons la cellule qui y est contenue à l'état frais.

que Harting l'a évalué à 910 en moyenne par millimètre carré (de 709 à 1200).



Fig. 758. — Ostéoplastes du pariétal vus à un grossissement de 450 diamètres (d'après Kölliker). On voit, sous forme de points noirs, des canalicules osseux coupés en travers.

L'ostéoplaste émet, de tous les points de sa surface, une foule de prolongements creux qui communiquent avec sa propre cavité ; ce sont les *canalicules osseux*. Ceux-ci, d'un diamètre de 1 à 3 μ, traversent la substance osseuse dans toutes les directions et se ramifient. Ces ramifications se terminent rarement en cul-de-sac ; le plus souvent, elles s'anastomosent avec des canalicules voisins, ou bien elles s'ouvrent dans les canaux de Havers, à la surface de l'os, dans le canal médullaire, ou dans les aréoles de la substance spongieuse. La substance osseuse, à l'état sec, est donc parcourue par un système de conduits et de cavités qui vont de l'extérieur de l'os à l'intérieur, en formant un réseau très serré dans l'épaisseur de la substance osseuse. La couleur des canalicules est noire, comme celle des cavités où ils prennent naissance ; leur direction est sinueuse.

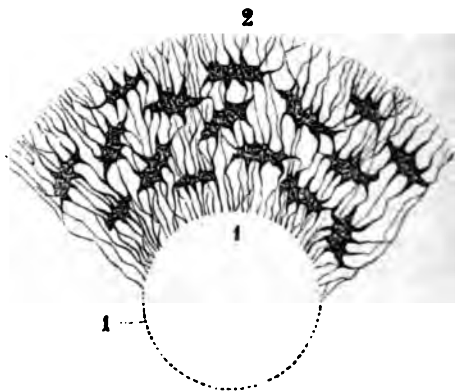


Fig. 759. — Système de cavités et de conduits sillonnant en tous sens la substance osseuse.

1, 1, canal de Havers, ligne ponctuée limitant ce canal, dans lequel s'ouvrent les canalicules osseux. — 2, canalicules osseux.

Les *rapports* des ostéoplastes et des canalicules osseux ne sont pas les mêmes dans tous les points du système osseux. Toujours les faces des ostéoplastes sont parallèles aux surfaces des lamelles, et les deux faces donnent naissance à un très grand nombre de canalicules. Ceux-ci traversent directement la substance des lamelles, et, comme les ostéoplastes décrivent des courbes concentriques autour des canaux de Havers,

il en résulte que les canalicules osseux se dirigent des ostéoplastes vers les canaux de Havers sous forme de stries rayonnantes très serrées. Dans les lamelles périphériques et médullaires, les ostéoplastes, toujours parallèles aux lamelles, ne décrivent plus de courbes comme dans le système des lamelles des canaux de Havers. Dans les systèmes intermédiaires, les ostéoplastes sont irrégulièrement distribués et arrondis. Enfin, dans les cloisons de la substance spongieuse, leurs faces sont parallèles aux faces de la cloison osseuse, et leur grand axe est dirigé dans le sens de la longueur de la cloison.

Les canalicules osseux n'unissent que des ostéoplastes appartenant à un même système. Ainsi, les ostéoplastes des systèmes de Havers n'ont aucune communication avec les ostéoplastes des lamelles intermédiaires. D'après Gegenbaur et Mathias Duval, cette absence de communication tient à ce que les deux systèmes lamellaires se développent successivement.

Canaux de Havers et canaux de Volkmann. — Les canaux de Havers, découverts en 1734 par Havers, sont des conduits microscopiques destinés à recevoir des vaisseaux, et sillonnant toutes les parties de la substance osseuse. On trouve, dans ces canaux, des vaisseaux capillaires et des éléments de la moelle. Anastomosés entre eux, les canaux de Havers constituent un système canaliculé s'ouvrant par des orifices très nombreux à la surface des os, dans la cavité du canal médullaire et dans les aréoles de la substance spongieuse. Leur paroi est criblée d'une quantité considérable de petits pertuis formés par les embouchures des canalicules osseux.

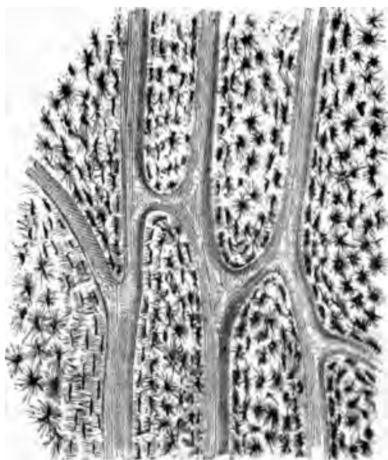


Fig. 760. — Lamelle superficielle d'un os long. On y voit les canaux de Havers, longitudinaux et parallèles au grand axe de l'os, leurs anastomoses transversales, et les ostéoplastes.

Aux extrémités des os longs, et dans tous les points où il existe du cartilage articulaire, les canaux de Havers se terminent en cul-de-sac, ou en anses.

Il en est de même sur les points de la surface des os où s'insèrent les tendons et les ligaments.

La *paroi* des canaux de Havers est formée par la substance osseuse elle-même, par un petit cylindre osseux qui constitue la plus centrale des lamelles dont il a été déjà question. Leur *largeur* est très variable : les uns sont extrêmement fins, 10 μ ; d'autres peuvent atteindre jusqu'à 490 μ et admettre l'extrémité d'une fine aiguille à coudre. Leurs anastomoses sont transversales, rarement obliques, de sorte que le réseau vasculaire forme des mailles rectangulaires allongées. L'*intervalle* qui les sépare est moindre dans les couches osseuses de nouvelle formation que dans celles qui sont complètement développées ; il est, en moyenne, de 150 à 300 μ. On comprend que les cloisons très minces de la substance spongieuse, ayant moins de 100 μ, en soient dépourvues[1].

Les *ouvertures* de ce système de canaux sont très nombreuses : les unes se voient à l'extérieur de l'os sous forme d'un pointillé noir (ces orifices, circulaires ou elliptiques, en bec de flûte, reçoivent à l'état frais les vaisseaux du périoste ; il y en a d'assez considérables ; ces ouvertures sont les trous nourriciers de troisième ordre) ; les autres sont situées du côté du canal médullaire, ou des aréoles de la substance spongieuse ; elles laissent passer les vaisseaux sanguins qui, de la substance osseuse, se portent sur la moelle. Parmi ces ouvertures, il y en a de très larges ; elles se trouvent au point de contact des substances compacte et spongieuse, où le canal de Havers s'ouvre directement dans une aréole, par un orifice distinct ou par un élargissement progressif, de manière à former une sorte d'entonnoir. La *direction* des canaux de Havers est parallèle au grand axe de l'os.

Les canaux de Volkmann sont également des canaux osseux destinés à loger des vaisseaux capillaires. Ils communiquent avec les canaux de Havers dont ils diffèrent par les particularités suivantes : 1° ils caractérisent l'os d'origine périostique et sont abondants dans le système de lamelles périphériques des os longs ; 2° ils sont dirigés perpendiculairement à l'axe de l'os ; 3° ils sont souvent altérés ; 4° ils ne sont pas entourés de lamelles concentriques comme les canaux de Havers. Comme ils traversent les lamelles concentriques qui entourent les canaux de Havers, on les appelle quelquefois *canaux perforants*.

Ces canaux forment donc un système de canalicules qui complète

(1) On peut trouver des portions entières d'os formées de substance compacte sans canaux de Havers : une partie du palatin et de l'unguis, la lame papyracée de l'ethmoïde. Les osselets de l'ouïe, spongieux au centre, sont recouverts d'une lame compacte sans canaux de Havers. Le ciment des dents des jeunes sujets est une substance osseuse sans canaux de Havers.



celui des canaux de Havers; ils s'ouvrent à la surface externe de l'os, à sa surface interne et dans les canaux de Havers.

ARTICLE II

DES OS A L'ÉTAT FRAIS

§ 1. — TISSU OSSEUX COMPLET

La substance osseuse, telle que nous venons de l'étudier, représente l'os sec et la partie dure, fondamentale, du tissu osseux vivant. Pour compléter l'étude du tissu osseux vivant, il faut ajouter à celle de la substance osseuse la description : 1° du contenu des ostéoplastes, les *cellules ;* 2° du contenu des canaux de Havers, les *vaisseaux*, les *nerfs* et les *éléments de la moelle.* Nous compléterons cette étude par celle du périoste et de la moelle, si intimement unis aux os.

Cellules osseuses. — La cellule osseuse, ou *ostéoblaste,* a d'abord été étudiée par Virchow. Cet auteur la décrivait avec une membrane d'enveloppe à laquelle il faisait jouer un rôle capital; mais cette enveloppe est absolument rejetée aujourd'hui. Pour étudier la cellule osseuse, il faut faire des coupes sur un os décalcifié par le liquide de Kleinenberg et les colorer avec le picro-carminaté d'ammoniaque. Dans ces préparations, la cellule osseuse apparaît constituée par un protoplasma granuleux, au sein duquel se voit un noyau volumineux fortement coloré en rouge. Cette cellule, *absolument dépourvue de membrane d'enveloppe*, se présente avec des caractères différents chez l'enfant et chez l'adulte. Chez l'enfant, elle remplit exactement la cavité de l'ostéoplaste et envoie des prolongements protoplasmiques dans tous les canalicules osseux de la cavité; chez l'adulte, le protoplasma se ratatine en un point de l'ostéoplaste et n'envoie de prolongements que dans les canalicules qui se mettent directement en rapport avec ce protoplasma.



Fig. 761. — Diverses cellules osseuses avec leurs prolongements.

Les cellules osseuses ont été bien étudiées par Tourneux et Chevassu (1881), et plus récemment par Zachariadès et Vivante.

Lorsqu'on a décalcifié la substance osseuse, il reste, sur les parois de l'ostéoplaste, une mince couche osseuse qui résiste aux réactifs et qui peut être enlevée comme un petit corpuscule creux

étoilé. Ce sont les *capsules osseuses* qui renferment les cellules osseuses.

Vaisseaux. — Il est absolument impossible de séparer la description des vaisseaux de l'os de ceux de la moelle et du périoste. Nous engageons donc les élèves à revenir sur ces pages lorsqu'ils voudront compléter l'étude de la moelle et du périoste par celle de leurs vaisseaux.

Les *lymphatiques* des os n'ayant pas encore été observés, à l'avis de tous les anatomistes, nous n'avons à nous occuper que des *vaisseaux sanguins*.

Je dois dire cependant que quelques observations semblent devoir faire admettre ces vaisseaux complètement inconnus encore. Ainsi Schwalbe, Budge, il y a une vingtaine d'années, et quelques auteurs encore, ont rencontré des gaines lymphatiques plus ou moins complètes entourant les vaisseaux contenus dans les canaux de Havers.

Le tissu osseux est fort riche en vaisseaux ; ceux-ci sont, pour la plupart contenus dans les canaux de Havers, où ils forment un réseau à mailles allongées et rectangulaires.

1° Dans les *os longs*, on voit pénétrer deux espèces de vaisseaux : ceux de la moelle et ceux de la substance osseuse.

a. Les vaisseaux de la moelle sont les plus volumineux ; une ou deux *artères* assez considérables traversent le trou nourricier principal du corps de l'os, un plus grand nombre pénètrent par les orifices des extrémités ; ces vaisseaux abandonnent quelques rares capillaires à la substance osseuse et se jettent, en conservant leurs trois tuniques, sur les lamelles de la portion spongieuse et sur la moelle, dont ils constituent le réseau vasculaire.

L'*artère nourricière*, arrivée dans le canal médullaire, se divise en deux branches, l'une ascendante, l'autre descendante, qui se dirigent vers l'extrémité osseuse correspondante.

Sur les limites de la moelle, à son contact avec la substance osseuse, à la surface interne du canal médullaire comme sur les parois des cloisons de la substance spongieuse, le réseau vasculaire est assez abondant pour mériter le nom de *réseau médullaire* que lui ont donné certains anatomistes; mais il ne faudrait pas voir là un *périoste interne*, contre l'existence duquel se sont élevés Gosselin et Regnault, ainsi que tous les anatomistes.

Les capillaires du réseau médullaire présentent quelque chose de spécial. Ce sont de vrais capillaires, mais, avant de passer à l'état de veines proprement dites, il se dilatent et se réduisent à une couche d'endothélium tapissant une paroi mince de substance conjonctive. Ces capillaires dilatés (100 µ) et désignés sous le nom

de *capillaires veineux*, forment un riche réseau dont les mailles ont de 200 à 300 μ.

Quelques auteurs soutiennent que le revêtement endothélial des capillaires veineux est interrompu de place en place et que, par ces solutions de continuité, les globules sanguins peuvent sortir des vaisseaux, comme les éléments de la moelle peuvent pénétrer dans le sang.

b. Les vaisseaux de la substance osseuse viennent du périoste même. Après s'être ramifiés dans cette membrane, les artérioles pénètrent dans les petits orifices qu'on aperçoit à l'œil nu sur la surface osseuse (orifices de troisième ordre), et qui ne sont que les ouvertures des canaux de Havers et des canaux de Volkmann (les ouvertures microscopiques de la surface de l'os, embouchures des canalicules osseux, ne donnent pas passage à des vaisseaux; il est probable que, à leur niveau, les prolongements des corpuscules étoilés des ostéoplastes superficiels s'anastomosent avec ceux des corpuscules du tissu conjonctif contenu dans le périoste). La plupart de ces vaisseaux perdent une partie de leurs tuniques, ils sont réduits à une couche de tissu conjonctif tapissée d'endothélium et constituent de véritables capillaires. Ils parcourent les canaux de Havers, qu'ils remplissent en général, et s'anastomosent, du côté du canal médullaire et de la substance spongieuse, avec les vaisseaux de la moelle.

Le sang, apporté à l'os par tant de voies différentes, revient par trois espèces de *veines*, qui passent par les mêmes ouvertures et qui sont dépourvues de valvules : l'une, volumineuse, traverse le trou nourricier; un plus grand nombre sortent par les orifices des extrémités de l'os, enfin une grande quantité de veinules, venues de la substance osseuse, se jettent dans le périoste.

2° Dans les *os plats*, qui ont des trous nourriciers, comme l'os coxal, la circulation est sensiblement la même que dans les os longs; une artère principale pénètre par le trou nourricier principal pour se porter dans la moelle et sur les cloisons de la substance spongieuse, tandis que, de tous les points du périoste, des artérioles et des capillaires s'insinuent dans la substance compacte de l'os. On aperçoit distinctement de nombreux petits trous qui laissent passer ces artérioles dans tous les os plats, comme on peut s'en rendre compte en regardant le fond des gouttières osseuses qui logeaient les ramifications de l'artère méningée moyenne. Au crâne, en particulier, les veines ont une disposition spéciale : au lieu de sortir par des orifices distincts, elles com[illegible] niquent avec les sinus de la dure-mère, après avoir d[illegible] breuses sinuosités dans des canaux creusés dans le [illegible] veineux de Dupuytren et de Breschet).

3° Dans les *os courts*, il existe, sur tous les points qui ne sont pas revêtus de cartilage, une foule de petits trous d'inégale dimension qui reçoivent les petites artères. Leurs ramifications cheminent dans l'épaisseur du tissu osseux pour donner naissance à un fin réseau capillaire se continuant avec des veines qui sortent par des orifices différents. Dans le corps des vertèbres, il existe un gros trou à la face postérieure, du côté du canal rachidien; c'est par cet orifice que passent les veines des vertèbres pour concourir à la formation des veines intra-rachidiennes.

Nerfs. — Les os possèdent des nerfs. Dans les os longs, ils pénètrent, sous forme de rameaux très délicats, par le trou nourricier et par les orifices des épiphyses, en suivant les vaisseaux, pour se porter à la moelle. Des filets nerveux venus du périoste entrent dans les canaux de Havers; on ne connaît pas leur mode de terminaison. Dans les os plats et dans les os courts, il est facile également d'observer des filaments nerveux qui accompagnent les vaisseaux. Kobelt, Kölliker et Luschka ont démontré que les uns appartiennent au grand sympathique (nerfs vaso-moteurs) et que les autres sont des nerfs sensitifs de la vie animale. Kölliker aurait trouvé un *corpuscule de Pacini* sur un nerf, au niveau de son entrée dans le trou nourricier du tibia, et un autre sur le nerf principal du premier métatarsien (Toldt).

Eléments de la moelle. — Les éléments de la moelle se rencontrent dans certains canaux de Havers; ils sont placés entre les parois du canal et le vaisseau, et ils n'existent, comme substance de remplissage, que dans le cas où le vaisseau ne remplit pas exactement le canal.

§ 2. — PÉRIOSTE

Le périoste est une membrane fibro-vasculaire qui revêt la surface des os, excepté dans les points ou ceux-ci sont recouverts de cartilage articulaire.

La *couleur* du périoste est blanchâtre, ou blanc jaunâtre, et sa *résistance* est considérable, comme celle des tissus fibreux en général. Son *épaisseur* varie selon les régions. Elle est ordinairement de quelques dixièmes de millimètres; mais, en certains points, elle peut atteindre 2 et 3 millimètres, comme on le voit à la face antérieure du col du fémur, où l'épaisseur et la résistance du périoste maintiennent souvent en contact les fragments dans les fractures. Ce phénomène s'observe aussi à l'extrémité inférieure du fémur et à l'olécrâne, où le périoste est très épais. Elle est

considérable aussi à la surface basilaire de l'occipital, qui forme la voûte du pharynx. C'est sur le périoste de cette région que s'implantent la plupart des polypes naso-pharyngiens. L'épaisseur du périoste est plus considérable chez l'enfant ; aussi, dans le jeune âge, les fractures sont-elles plus rarement accompagnées de déplacement ; exemple : fracture du corps du fémur.

L'*adhérence* de cette membrane au tissu osseux varie selon les régions et selon l'âge. Elle est due aux vaisseaux et aux nerfs qui pénètrent dans les trous innombrables de la surface de l'os. Elle est due aussi à des filaments particuliers de tissu conjonctif, incrustés, en partie ou en totalité, de sels calcaires, partant du périoste et s'enfonçant perpendiculairement dans la substance osseuse : ces fibres sont connues sous le nom de *fibres perforantes de Sharpey*.

Assez forte dans certains points, l'adhérence du périoste est quelquefois peu accusée. C'est ainsi que les os de la face, la cavité orbitaire, le maxillaire inférieur surtout, se laissent facilement dépouiller de leur périoste.

Il en est de même pour la voûte palatine, où le périoste s'insinue dans les sutures et dans les orifices osseux.

A mesure qu'on avance en âge, cette membrane devient plus adhérente. Chez l'enfant, en effet, on trouve une couche molle ostéogène qui facilite l'arrachement du périoste ; après la croissance, l'union devient plus intime entre le périoste et l'os. Chez l'enfant, les fragments, dans les fractures, sont souvent maintenus en contact par le périoste.

Rapports. — Le périoste présente : 1° une *face profonde* en rapport avec l'os, auquel elle est unie par ses nombreux prolongements ; 2° une *face superficielle*, en rapport avec les organes qui entourent l'os. Cette face contracte de nombreux rapports avec les tissus conjonctif, fibreux, tendineux, cartilagineux, séreux, musculaire, vasculaire, avec les organes des sens, la peau et les muqueuses.

Dans certains points de la face superficielle du périoste, on trouve du *tissu conjonctif*. Cela s'observe dans les endroits qui sont le siège de glissements, comme dans la région épicranienne, où le périoste, *péricrâne*, est séparé de l'aponévrose épicrânienne par une couche celluleuse lâche. Il en est de même à la face interne du tibia, dans son tiers moyen.

Sur un grand nombre d'os, sur les *os longs* des membres, par exemple, le périoste reçoit non seulement l'insertion des deux ligaments intérosseux de l'avant-bras et de la jambe, mais encore celle des cloisons aponévrotiques qui se détachent de l'aponévrose

principale du membre, pour diviser en plusieurs groupes les muscles de la région. Le *tissu fibreux* qui compose ces cloisons et les ligaments se confond avec celui du périoste.

Aux extrémités des os, sur les épiphyses, le périoste est recouvert par une couche de tissu fibreux assez épaisse, qui le renforce, et qui se creuse de canaux, *gaines tendineuses*, pour laisser glisser les tendons. Cela s'observe surtout aux extrémités des os longs des membres, principalement au radius, au tibia, etc.

Chez les enfants, et pendant toute la période de croissance, le périoste contracte des adhérences avec le *cartilage de conjugaison*, lamelle cartilagineuse qui sépare la diaphyse de l'épiphyse et qui sert à l'accroissement des os en longueur. L'inflammation du périoste se propage aisément à cette membrane et produit une maladie grave, appelée *ostéite épiphysaire* ou *périostite phlegmoneuse*.

Aux extrémités des os, quand un ligament prend insertion, le périoste disparaît, de sorte que le ligament s'implante directement sur la substance osseuse. Les fibres qui composent le périoste sont contiguës à celles du ligament. Au niveau de l'insertion des ligaments sur l'os, les fibres de Sharpey sont un peu plus abondantes. Nous avons déjà vu qu'à ce même niveau il n'existe aucune embouchure de canaux de Havers sur la surface osseuse.

Ce sont les nombreuses connexions du périoste avec le tissu fibreux qui ont fait considérer autrefois, par quelques anatomistes, cette membrane comme le point de départ des tendons, des ligaments et des aponévroses.

Au niveau des *articulations*, le périoste s'amincit peu à peu, et cesse exactement sur les limites du *cartilage* articulaire, auquel il adhère suffisamment pour pouvoir être enlevé avec le cartilage, après une macération prolongée.

Le périoste affecte des rapports avec le *système séreux*. Sans parler de la dure-mère, véritable périoste interne du crâne, qui possède des rapports étendus avec l'arachnoïde, nous voyons le périoste de la face interne des côtes être en rapport avec la plèvre. Dans des points nombreux, il est en rapport avec des séreuses tendineuses et sous-cutanées; les premières se trouvent aux extrémités des os longs, dans les points mêmes où l'on rencontre les gaines tendineuses, les secondes sur les saillies osseuses, épitrochlée, épicondyle, olécrâne, etc., etc., où la peau est soumise à des frottements.

Aux extrémités des os longs, au voisinage du cartilage articulaire, le périoste est recouvert dans une certaine étendue par la *synoviale*. Cela s'observe aisément au genou, entre le bord du cartilage articulaire et le point d'insertion des ligaments. L'observa-

tion de ce rapport n'est pas sans importance. C'est par ces points qu'une lésion inflammatoire de l'os peut se propager à la synoviale et donner lieu à une arthrite fongueuse, ou non fongueuse. De même, une inflammation intense de la synoviale peut se propager au périoste par la même voie. Ces phénomènes pathologiques sont fréquents dans l'enfance.

A la *tête*, le périoste contracte une adhérence intime avec la membrane qui ferme les fontanelles, et avec le cartilage sutural, qui remplit les sutures des jeunes sujets. C'est cette raison qui fait que le céphalœmatome, ou tumeur sanguine des nouveau-nés, développé entre le périoste et l'os, existe presque constamment à côté de la ligne médiane.

La membrane nourricière des os est en rapport avec des *muscles* nombreux. Les uns glissent sur elle au moyen du tissu conjonctif; mais, en certains points, les fibres musculaires s'implantent directement sur le périoste, qui s'amincit à ce niveau ; exemple : le quadriceps sur le fémur, le brachial antérieur sur l'humérus, les péroniers latéraux, les extenseurs des orteils, les jambiers, le poplité, sur les os de la jambe, etc.

Quelques gros *vaisseaux* rares, tels que l'aorte et la veine cave inférieure, passent sur le périoste au niveau des vertèbres. Ils en sont séparés par du tissu conjonctif. C'est dans la plupart des régions où le périoste est en rapport avec de gros vaisseaux que l'on peut sentir les pulsations artérielles ; exemples : l'artère faciale sur le maxillaire inférieur, l'artère fémorale sur l'éminence ilio-pectinée et sur le tiers inférieur du fémur, l'artère tibiale antérieure à la partie inférieure de la face externe du tibia.

Le périoste pénètre dans l'*oreille interne* et se continue sur la face interne de la lame des contours et du limaçon, sur la face interne du vestibule et des canaux demi-circulaires. Il s'applique aussi sur la face interne du tympan secondaire de Scarpa, qui ferme la fenêtre ronde. Le périoste de l'oreille interne est très mince ; rosé chez le fœtus, blanc chez l'adulte, il exhale le liquide de Cotugno ou périlymphe. Le point de continuité entre le périoste de l'oreille interne et le périoste extra-cranien est l'aqueduc du limaçon. D'après Kölliker, il se transformerait sur tous ces points en substance conjonctive réticulée.

Le périoste présente peu de rapports avec la *peau*. Une seule région est dans ce cas : c'est la face interne du tibia, où, dans toute son étendue, excepté au tiers supérieur et au tiers inférieur, elle est séparée de la peau seulement par une couche mince de tissu conjonctif. Aux extrémités des troisièmes phalanges, le périoste se confond avec le derme de la peau.

Dans les cavités de la face, les *muqueuses* sont extr

adhérentes au périoste, avec lequel leur derme se confond. C'est ce qui leur a fait donner le nom de *fibro-muqueuses*. Dans ces régions, le périoste adhère plus à la muqueuse qu'à l'os ; exemples : fosses nasales, voûte palatine, caisse du tympan, gencives. Il faut excepter la voûte du pharynx, où le périoste, bien que très adhérent à la muqueuse, est aussi très adhérent à l'os.

— Dans certaines régions, le périoste mérite quelques considérations. Nous avons vu les particularités qu'il présente : 1° aux extrémités des os longs ; 2° au col du fémur ; 3° à la surface basilaire de l'occipital ; 4° à la voûte palatine et aux gencives ; 5° aux fosses nasales ; 6° dans l'oreille interne.

Sur les *os larges* et sur les *os courts*, il se comporte comme sur les os longs, cessant d'exister au niveau des surfaces articulaires et affectant de nombreux rapports avec les divers tissus, surtout avec le tissu fibreux.

Mais, au *crâne* et à la *colonne vertébrale*, il présente quelques particularités intéressantes. A la voûte du crâne, le périoste, ou *péricrâne*, au lieu de cesser au niveau des articulations, contracte une adhérence intime avec le cartilage sutural, qui adhère intimement aussi à la dure-mère. A la base du crâne et à l'extérieur de la colonne vertébrale, le périoste se comporte comme sur les autres points du squelette ; mais, au niveau des trous de la base du crâne, il pénètre dans les trous, pour se continuer avec la dure-mère cranienne, comme il se continue, à la voûte, à travers les sutures, de sorte qu'on pourrait considérer ces deux membranes, le périoste et la dure-mère comme deux feuillets entre lesquels se seraient développés les os du crâne. La dure-mère est donc considérée avec raison comme un périoste interne, puisque la surface interne de ces os n'a pas de périoste à proprement parler, que la dure-mère la tapisse dans tous les points, et qu'enfin l'expérience démontre que la dure-mère est douée des mêmes propriétés que le périoste. Il est vrai que ces propriétés ne sont pas aussi énergiques que celles du périoste, mais elles existent évidemment, et, seraient-elles encore plus faibles, on ne pourrait lui refuser le nom de *périoste*. Nous verrons bientôt que le périoste du crâne diffère aussi du reste du périoste au point de vue physiologique.

Au niveau des trous de conjugaison, le *périoste des vertèbres* pénètre dans le canal rachidien pour en tapisser toute la surface.

Structure. — Le périoste est composé : 1° d'un *tissu propre*, qui a des propriétés spéciales ; 2° de *vaisseaux* ; 3° de *nerfs*.

Tissu propre. — Le périoste est surtout formé de tissu conjonctif, auquel s'ajoutent des éléments anatomiques différents, suivant que l'on considère la région superficielle ou la région pro-

fonde de la membrane. On y distingue deux couches : 1° une couche externe ou superficielle ; 2° une couche interne ou profonde.

1° *Couche externe ou superficielle*. — On y trouve des faisceaux de fibres conjonctives et des fibres élastiques, anastomosées et enchevêtrées, de manière à former un feutrage assez dense, dans lequel sont disséminées des cellules conjonctives plates.

Les faisceaux de tissu conjonctif, en général parallèles, sont dirigés longitudinalement sur la diaphyse des os longs.

2° *Couche interne ou profonde*. — Au feutrage fibro-élastique de la couche précédente viennent se joindre deux éléments nouveaux qui donnent à cette couche un caractère absolument spécial : ce sont des *cellules embryonnaires* et les *fibres de Sharpey*, que nous avons déjà signalées.

Les *cellules embryonnaires* ne se rencontrent normalement que chez l'enfant et chez l'adolescent ; elles ont les caractères histologiques des ostéoblastes et, comme nous le verrons bientôt, elles jouent un rôle capital dans l'ossification sous-périostée. Ces cellules exhalent autour d'elles de la substance fondamentale et elles se transforment en cellules osseuses. Elles ont fait donner par Ollier le nom de *couche ostéogène* à la couche profonde du périoste. Elle ne diffère pas de la moelle fœtale, et elle est formée, comme elle, par des ostéoblastes et de nombreux vaisseaux; aussi a-t-elle été appelée également *moelle sous-périostique*. Robin, jadis, avait nié, à tort, l'existence de ces cellules ; il disait que, dans ses expériences, Ollier entraînait des ostéoblastes en décortiquant le périoste.

La couche ostéogène se modifie vers le terme de la croissance, alors que l'ossification périostique diminue. Elle devient plus dense, fibreuse. Les cellules embryonnaires diminuent considérablement et il ne reste plus qu'une couche régulière d'*ostéoblastes* qui formeront de minces couches osseuses à la surface de l'os. Ces couches constituent, dans les diaphyses des os longs, ce qu'on appelle le *système fondamental externe* ou *système périostique*.

Un peu plus tard, lorsque la croissance est complètement arrêtée, il n'existe pas d'ostéoblastes dans la couche ostéogène ; il n'y a plus de couche ostéogène à proprement parler. Le périoste est fibreux, il adhère à l'os, il ne produit plus de substance osseuse et il n'est plus capable de reproduire de l'os s'il est transplanté.

Les *fibres de Sharpey* ne sont autre chose que des fibres conjonctives calcifiées faisant suite aux fibres mêmes du périoste et pénétrant au sein du tissu osseux. Ces fibres, généralement désignées sous le nom de *fibres perforantes*, méritent plus justement

d'être appelées *fibres directrices*, car elles représentent la voie suivie par les cellules embryonnaires dans le travail d'ossification sous-périostée.

Le périoste qui recouvre certains cartilages périchondrés, comme les cartilages costaux, les cartilages du larynx, est désigné sous le nom de *périchondre*. Il envoie des vaisseaux sanguins dans ces cartilages, comme il en envoie à la substance osseuse de la surface des os.

Les cartilages du fœtus, avant l'ossification du *cartilage fœtal*, sont pourvus aussi d'un périchondre qui deviendra plus tard périoste, mais ils ne reçoivent pas de vaisseaux de ce périchondre, puisque les cartilages du fœtus n'ont pas de vaisseaux. Ce n'est qu'au moment de la formation des points d'ossification que le périchondre, devenu périoste, envoie des vaisseaux à la substance osseuse.

Vaisseaux. — La vascularisation du périoste est très intense. Les *artères* sont fournies par les divisions de l'artère nourricière de l'os et par les ramifications des artères du voisinage. Elles pénètrent dans la couche externe du périoste, s'y tamisent et vont former dans la couche interne un réseau vasculaire à mailles polygonales, duquel partent de fines artérioles qui se rendent dans le tissu osseux par les trous de troisième ordre (canaux de Havers et canaux de Volkmann).

Les *veines* accompagnent les artères, deux veines pour une artère, puis elles marchent indépendantes.

Les diverses *périostites* qui s'observent chez les jeunes sujets s'expliquent par la grande vitalité du périoste. Ces inflammations, aiguës ou chroniques, généralement douloureuses, ont pour caractère essentiel une exagération de la fonction ostéogénique du périoste, qui se traduit par la production d'un tissu osseux nouveau, *périostose*. L'une des variétés, très grave, est l'*ostéo-périostite épiphysaire des adolescents* ou *ostéo-périostite*, ou *périostite phlegmoneuse*. Dans cette affection, aiguë, à marche rapide, tous les tissus de l'os sont pris, moelle, périoste et tissu osseux.

L'exubérance de la vitalité du périoste se traduit quelquefois par des tumeurs. C'est ainsi que le périoste de la base du crâne donne naissance, surtout sur les jeunes sujets, aux *polypes fibreux naso-pharyngiens*, qui se font jour à travers les ouvertures de la face : orbite, fosses nasales, fosse ptérygo-maxillaire, etc. (fig. 762).

Les *vaisseaux lymphatiques*, décrits par Budge en 1877, forment un réseau à larges mailles dans l'épaisseur du périoste. Ils sont plus abondants dans la couche externe, où ils s'enchevêtrent avec les vaisseaux sanguins. On a pu constater leur continuité

avec les gaines péri-vasculaires situées autour des artérioles dans les canaux de Havers.

Nerfs. — Ils sont assez nombreux. Indépendamment de ceux qui traversent le périoste pour se rendre dans l'épaisseur de l'os, on trouve des nerfs périostiques proprement dits. Ils se détachent des nerfs destinés aux os et se portent sur le périoste, où ils cheminent en se divisant; ils finissent par se résoudre en extrémités libres (Kölliker, sur l'os coxal de l'homme; J.-N. Czermak, sur l'os frontal du chien). Les ramifications nerveuses siègent dans la couche superficielle, ou conjonctive, du périoste; elles paraissent plus nombreuses dans le périoste des extrémités articulaires des os longs, coude, genou, cou-de-pied. On a constaté divers corpuscules de Pacini sur les nerfs du périoste.



Fig. 762. — Portion nasale d'un polype naso-pharyngien.

1, portion nasale. — 2, portion orbitaire. — 3, portion se faisant jour dans la région parotidienne. — 4, portion sortant par la fosse ptérygo-maxillaire.

Rôle du périoste. — Lorsqu'on dit que le périoste est la *membrane nourricière* des os, il faut distinguer. La substance osseuse se nourrit par ses propres vaisseaux, contenus dans les canaux de Havers et dans les canaux de Volkmann; mais, lorsque la croissance est terminée, le périoste est bien indirectement *membrane nourricière* puisqu'il fournit les vaisseaux contenus dans ces canaux.

Dans le jeune âge, pendant que les os augmentent d'épaisseur, le périoste est un organe *générateur* des os, il forme les couches les plus superficielles de la substance osseuse dans tous les os, en sorte que les os augmentent de volume, en épaisseur, par les couches nées de la face profonde du périoste.

Le périoste forme donc la substance osseuse et concourt à l'augmentation de volume des os. Il régénère l'os.

En 1739, Duhamel du Monceau fit des expériences concluantes sur les fonctions du périoste, plus tard répétées et perfectionnées par Troja, Hunter et Flourens. La forme type de ces expériences

consiste à placer un anneau métallique serré autour d'un os, sous le périoste, sur un animal en croissance. Au bout d'un certain temps, il paraît s'être enfoncé et il est recouvert d'une couche osseuse. Cette dernière s'est donc développée sous le périoste, et par conséquent aux dépens du périoste.

Les expériences d'Ollier (1) ont prouvé ce pouvoir ossificateur. Il a pu, par des transplantations de fragments de périoste, produire des os artificiels, non seulement dans les tissus du même animal, mais encore dans les tissus mous d'une espèce différente (du chien au lapin). Il a pris des lambeaux du périoste sur un animal mort depuis une heure, et après les avoir greffés sur un autre animal de la même espèce, il a vu se reproduire un os présentant la forme du lambeau périostique, et des vaisseaux s'y développer. Ces expériences ont été faites dans la crête des coqs, sous la peau du crâne et de l'aine du lapin, et sur le cobaye, le poulet, le pigeon.

Pour que ces expériences réussissent, il faut que le périoste soit pourvu de sa couche ostéogène, car si l'on râcle la face interne du périoste avant la greffe, l'ossification n'a pas lieu.

Il est juste de dire que Flourens avait fait des *résections sous-périostées* avant Ollier. Dès 1840 et 1841, Flourens avait communiqué ses expériences à l'*Académie des Sciences*. Sur plusieurs chiens, il réséqua une portion de côte, en laissant le périoste. Le périoste gonfla rapidement. Au bout de six jours, il était déjà cartilagineux, et contenait deux petits noyaux osseux indépendants. Au bout de trois mois, la partie réséquée de la côte était reproduite. M. Flourens conclut que le *périoste reproduit toutes les parties de l'os qu'on lui ôte*. (Malgaigne, *Anat. chir.*, 1859).

Ollier a expérimenté aussi sur la dure-mère. Il a fait des transplantations de cette membrane, comme il l'avait fait pour le périoste, et il a remarqué qu'elle donnait naissance à de petits os parfaitement constitués et possédant les caractères anatomiques de la substance osseuse.

Cette propriété de la dure-mère diminue avec l'âge. De plus, la surface externe seule de cette membrane serait douée de la propriété de régénérer le tissu osseux, de sorte que la couche externe de la dure-mère devrait seule être considérée comme périoste. Les cloisons de la dure-mère, qui n'ont aucun rapport avec les os du crâne, comme la faux du cerveau et la tente du cervelet, ne sont pas susceptibles de s'ossifier par la transplantation.

Bien que le périoste serve à la formation du tissu osseux, il ne faudrait pas croire qu'un décollement, même étendu, de cette membrane entraîne nécessairement la mort de l'os. J.-L. Petit et

(1) Académie des sciences et *Gazette hebdomadaire*, 1858-59-60.

Ténon s'étaient élevés, dès le XVIII[e] siècle, contre cette pratique erronée qui consistait à recouvrir de topiques irritants les surfaces osseuses dénudées, dans le but d'en hâter la mortification, persuadé qu'on était que les os dénudés devaient inévitablement être frappés de mort.

Le périoste externe du crâne, de même que la dure-mère, ou périoste interne, a une force de réparation beaucoup moins grande qu'ailleurs. L'absence de cal, dans la plupart des fractures de la base du crâne, le démontre. J.-L. Petit et Ténon dans le siècle dernier, Velpeau et Richet de nos jours, ont insisté sur ce point et ont fait voir que, dans les réparations osseuses du crâne, la surface de la plaie de l'os fournit plus de matériaux que les membranes elles-mêmes, comme cela s'observe après l'opération du trépan.



Fig. 763. — Corps de l'humérus nécrosé.

1, nouvel os exhalé par le périoste. — 2, 2, cloaques, ouvertures qui laissent passer le pus et qui laissent voir le séquestre invaginé.

La puissance d'ossification du périoste est démontrée de la manière la plus évidente par la chirurgie. On a plusieurs fois enlevé la clavicule cariée, nécrosée, en laissant le périoste. Cette membrane a donné lieu à la formation d'un nouvel os (Flourens, Sédillot, Ollier).

Ollier a institué les *résections sous-périostées* articulaires. Au lieu d'amputer un membre atteint d'arthrite fongueuse (tumeur blanche), Ollier enlève les extrémités osseuses en laissant le périoste former de nouvelles extrémités osseuses.

Je dois dire que la séparation du périoste est rendue facile dans ces cas, parce que, au niveau des points enflammés, cette membrane s'épaissit et se laisse facilement détacher des os.

Lorsqu'un séquestre (portion d'os mortifié) se trouve au-dessous du périoste, cette membrane forme une nouvelle couche osseuse qui emprisonne le séquestre (séquestre invaginé) (fig. 763). Des irritations locales du périoste déterminent la formation de prolongements osseux, de volume variable, appelés *ostéophytes*.

Carie. — Il est difficile de parler de la nécrose sans dire un mot de la *carie osseuse*. C'est une *ostéite* qui s'accompagne du ramollissement et de la suppuration du tissu osseux. Ce n'est pas une ostéite franche, mais une ostéite sur des sujets qui constituent un mauvais terrain, comme les tuberculeux.

Dans la *carie* des os, le protoplasma des cellules osseuses présente de nombreuses gouttelettes graisseuses, comme on le voit dans la figure 764.

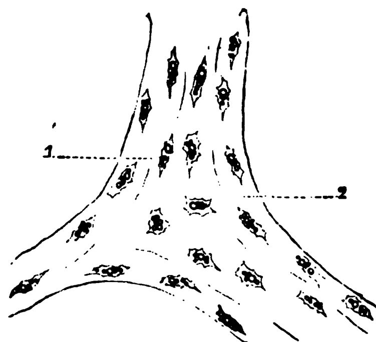


Fig. 764. — Transformation graisseuse des cellules osseuses dans la carie (d'après Ranvier).

1. granulations graisseuses. — 2, substance fondamentale de l'os.

Dans les fractures, le périoste, par ses propriétés ostéogéniques, concourt à la formation du cal.

Le *céphalématome* prouve aussi la puissance ostéogénique du périoste. C'est une tumeur sanguine, qui s'observe chez les nouveau-nés, entre le périoste et les os du crâne. Pendant l'existence de cette tumeur, qui soulève le périoste, les os du crâne n'augmentent pas d'épaisseur et ils paraissent s'amincir (fig. 766).

Développement. — D'après Retterer, le périoste se montre sous forme de bande noire à la surface des os cartilagineux, sur les embryons de deux centimètres. Il n'est encore qu'à l'état de périchondre. Puis, les éléments constitutifs du périoste se différencient plus ou moins nettement, en deux couches.

Les cellules embryonnaires (ostéoblastes) de la couche profonde du périoste sont fournies par la prolifération des cellules conjonctives qui reviennent à l'état embryonnaire.

Tant que les os sont cartilagineux, le périoste porte le nom de *périchondre;* plus tard, le changement de nom n'entraîne aucune modification dans la structure de la membrane. A partir du cinquième mois, on voit, dans les parties profondes de la couche conjonctive, une condensation de la substance intercellulaire, sous forme de

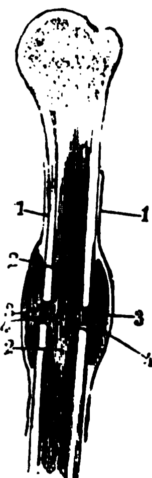


Fig. 765. — Cal des fractures.

1, 1, périoste soulevé par l'épanchement de la fracture. — 2, virole interne du cal. — 3, 3, portion intermédiaire. — 4, 4, virole externe.

filaments : ce sont des fibres élastiques fines qui se constituent. Dans les derniers mois de la vie fœtale, ces fibres grossissent, s'anastomosent, pour former les réseaux élastiques, et un

certain nombre d'entre elles se soudent par leurs bords pour former des lamelles élastiques. Les vaisseaux et les nerfs se développent sur place de bonne heure; les premiers envoient même des rameaux dans le cartilage, avant la formation du tissu osseux.

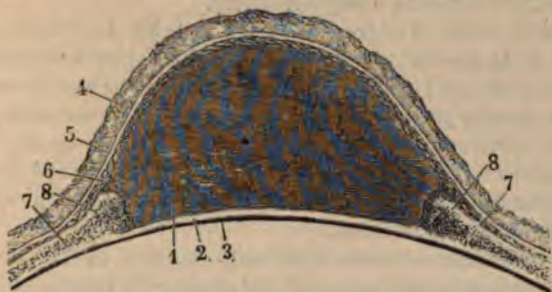


Fig. 766. — Cephalématome.

1, sang épanché. — 2, parois du crâne. — 3, dure-mère. — 4, peau. — 5, aponévrose épicranienne. — 6, périoste, appelé ici péricrâne. — 7, diploé. — 8, bourrelet osseux formant un cercle autour de l'épanchement.

Les os peuvent être le siège de *tubercules* et de tumeurs diverses. Dans l'*hypertrophie*, l'os en augmente de volume dans sa totalité; des *tumeurs fibreuses* peuvent se développer aux dépens du tissu conjonctif, dans le périoste principalement. On y observe, fréquemment, des *tumeurs à myéloplaxes*, formées par les éléments de la moelle des os, des *sarcomes*, etc.

Les *exostoses* sont des tumeurs osseuses, qui se développent spontanément, ou sous l'influence de la diathèse syphilitique, à la surface des os.

§ 3. — MOELLE DES OS

La *moelle osseuse*, ou *substance médullaire*, est cette matière molle qui remplit le canal médullaire de la diaphyse des os longs et les aréoles de la substance spongieuse des épiphyses, des os plats et des os courts.

L'os est tellement poreux et la moelle tellement diffusible, si l'on peut ainsi dire, que les cellules médullaires, pénétrant par les trous innombrables de la paroi intérieure des os, se répandent dans les canaux de Havers et les canaux de Volkmann les plus volumineux, au contact des capillaires qui y sont contenus. Un grand nombre de ces cellules forment une couche plus ou moins régulière à la surface des os, au-dessous du périoste. Ces faits ne doivent pas être oubliés; ils expliquent comment des tumeurs

formées par la prolifération des éléments de la moelle, et qu'on supposerait devoir prendre toujours naissance dans la profondeur des os, ont quelquefois une origine sous-périostale, et même interstitielle, c'est-à-dire qu'elles peuvent naître en plein dans la substance osseuse (tumeurs à myéloplaxes).

Il importe, avant d'entrer dans les détails de fonctions et de structure de la moelle, de distinguer deux espèces de moelle très différentes l'une de l'autre, la moelle jaune et la moelle rouge.

Dans la *moelle jaune*, les éléments cellulaires se sont transformés en vésicules graisseuses, et cette moelle, telle qu'on l'observe chez l'adulte et chez le vieillard, doit être considérée comme un amas de graisse, remplissant les vides, et dont les fonctions sont à peu près épuisées, abolies.

La *moelle rouge* est toute différente. C'est la moelle des jeunes sujets, possédant le maximum de ses propriétés physiologiques qui se manifestent pendant toute la période de croissance des os.

Une troisième espèce de moelle, la *moelle gélatiniforme*, de couleur grise, se rencontre chez les convalescents et les cachectiques.

Il est bien difficile de ne point faire en ce moment une excursion dans le domaine de la pathologie. Celle-ci se comprend bien quand on a bien saisi les dispositions anatomiques. La moelle, le périoste et la substance osseuse sont arrosés par les mêmes vaisseaux. Les capillaires vont de l'un à l'autre, sans interruption, sans discontinuité. Cette irrigation sanguine, considérable, toujours en contact avec des éléments très actifs, surtout chez les jeunes sujets, subit un accroissement extraordinaire sous l'influence de la moindre cause irritative. Les vaisseaux étant les mêmes dans les trois tissus dont je viens de parler, la plus légère cause d'irritation se propage du périoste à l'os, de l'os à la moelle et vice versa. Il en résulte que ces trois éléments forment, pour ainsi dire, un tout indivisible. Voilà pourquoi il est presque impossible de décrire comme trois maladies distinctes, la *périostite*, l'*ostéite* et l'*ostéomyélite*, qui s'observent surtout chez les jeunes sujets.

« C'est, dit Gosselin (*Nouveau dict. de méd. et de chir.*), parce qu'une longue observation m'a appris qu'en pathologie ces trois parties, le *périoste*, l'*os* et la *moelle*, déjà si étroitement liées dans leurs dispositions anatomiques et leurs fonctions, sont solidaires les unes des autres, atteintes par les mêmes causes morbides, et, en définitive, malades simultanément à des degrés divers. »

Grâce aux travaux de Ranvier principalement, nous savons quelle est la condition intime de cette solidarité. Elle est due, en partie, à la persistance des éléments embryonnaires de la moelle sous le périoste et dans les plus gros canaux de Havers. C'est également la

néoformation des éléments embryonnaires de la moelle sous l'influence d'un processus irritatif qui explique la rapidité de propagation de l'inflammation d'une des parties constituantes de l'os à l'autre (1).

Structure.

La moelle renferme du tissu conjonctif, des cellules, des vaisseaux et des nerfs, avec une substance amorphe intermédiaire. Les cellules seront décrites après les fonctions de la moelle.

Tissu conjonctif. — Le tissu conjonctif est peu abondant dans la moelle. Il est formé de faisceaux de fibrilles et de cellules fixes, mais il est absolument dépourvu de fibres élastiques ; cela se comprend, la moelle n'ayant aucune élasticité. Ce tissu conjonctif appartient à la variété qui a été décrite sous le nom de *tissu conjonctif muqueux*, ou *embryonnaire*. Le tissu conjonctif forme une trame excessivement déliée autour des éléments de la moelle, et principalement autour des vaisseaux qu'il enveloppe, dans certains cas, d'une mince couche.

Dans la *moelle graisseuse*, au niveau de la diaphyse, au point de contact de la moelle et de la surface interne de l'os, le tissu conjonctif se mêle aux nombreux vaisseaux qui s'y rencontrent, et forme avec eux une couche membraneuse incomplète qu'on appelait autrefois *réseau médullaire*, *périoste interne* ou *endoste*. Ce n'est pas une membrane à proprement parler, elle n'a aucune fonction spéciale.

Vaisseaux. — L'*artère nourricière*, dans les os longs, arrivée dans le canal médullaire, se bifurque, et chacune des divisions va s'anastomoser aux extrémités de l'os avec les vaisseaux de deuxième ordre, qui pénètrent par les trous de la diaphyse, et, sur la face interne de la diaphyse, avec les vaisseaux des canaux de Havers.

Toutes ces artères, se divisant et se subdivisant, forment un réseau vasculaire extrêmement riche, situé en partie entre la substance osseuse et la moelle.

Les *veines*, nées de ce réseau, traversent la substance osseuse en accompagnant les artères (deux veines pour une artère) et arrivent

(1) La *myélite des os*, en tant qu'inflammation simple, est rare ; néanmoins on peut l'observer à la suite d'une fracture ou d'une amputation, *myélite traumatique*.

L'*ostéomyélite* est plus fréquente. Elle peut donner lieu à un *abcès* dans l'intérieur de l'os, comme on l'observe assez souvent dans le canal médullaire du tibia : douleurs violentes ; parfois gonflement du pied, difficulté de marcher, frissons et fièvre. On traite ces abcès par l'*évidement* : ouverture, raclage et curage.

sous le périoste où elles se réunissent aux veines périostales. Elles sont absolument dépourvues de valvules dans la moelle et dans la substance osseuse, où la circulation veineuse ne rencontre aucun obstacle. On ne constate les valvules qu'après leur sortie de l'os sous le périoste.

Les vaisseaux sanguins de la moelle, comme ceux du tissu osseux, sont très abondants. Quand on fixe son attention sur la section transversale de la moelle d'un os long, sur le moignon d'un membre amputé, on voit que la moelle est animée de battements, isochrones aux pulsations artérielles, ainsi que l'a montré J. Boeckel (Thèse de Strasbourg, 1872).

Le *réseau capillaire* de la moelle présente d'intéressantes particularités. Les capillaires ont un diamètre considérable. Aussitôt que l'artériole qui leur donne naissance perd ses éléments musculaires, ils se dilatent irrégulièrement au point de présenter en certains points un diamètre d'un millimètre, et même plus. Ces capillaires, formés d'une simple couche de cellules endothéliales, sont appelés *capillaires veineux* en raison de leur grand calibre. Selon Van der Stricht, l'endothélium de ces capillaires manque par places, c'est-à-dire que la paroi n'est pas complète.

Les *lymphatiques* ne sont pas connus.

Nerfs. — Les nerfs de la moelle arrivent à cette substance en suivant l'artère nourricière principale de l'os ; d'autres pénètrent par les orifices de deuxième ordre ; ils renferment des filets nerveux à myéline et des fibres de Remak. Ils accompagnent les vaisseaux et se divisent comme eux. Le nombre des filets nerveux diminue à mesure que le vaisseau diminue de calibre. Une artériole de 40 μ est accompagnée par deux filets nerveux ; lorsqu'elle atteint 20 μ, elle n'en a plus qu'un. On ne connaît pas leur mode de terminaison. Ils ont été étudiés surtout par Gros, Kölliker et, en 1880, par Rémy et Variot.

La *matière amorphe* qui réunit ces éléments est rougeâtre et demi-transparente ; elle est très granuleuse, surtout après la mort.

On trouve aussi dans la moelle des *gouttelettes graisseuses* indépendantes des cellules graisseuses. On les rencontre dans des cas où l'on a la certitude qu'elles ne viennent pas de cellules déchirées.

C'est là une sorte d'*huile de moelle*.

Usages de la moelle. — La moelle remplit le vide des os ; elle a encore pour fonction, extrêmement importante, de concourir à la formation des globules du sang ; elle joue encore un rôle dans la formation et la destruction du tissu osseux.

1° *La moelle remplit le vide des os*, ce qui est surtout vrai pour la moelle adipeuse, après l'adolescence. Quand un os se raréfie, la moelle prend la place de la substance raréfiée, comme cela s'observe en particulier dans le col du fémur des vieillards, d'où fragilité du col. On pourrait comparer ce rôle à celui du liquide céphalo-rachidien qui augmente à mesure que le cerveau diminue. Il résulte de l'accumulation des vésicules graisseuses dans la moelle un allégement du squelette. Comme les éléments graisseux de toutes les parties du corps, ceux de la moelle s'altèrent dans l'amaigrissement et pendant les longues maladies, de sorte que la moelle des adultes convalescents prend un aspect *gélatiniforme*, grisâtre.

2° *Fonction hématopoiétique de la moelle.* — Cette fonction a été décrite avec les globules du sang (voy. *Globules du sang* et plus loin *Cellules de la moelle*).

3° *Rôle de la moelle dans la formation et la destruction du tissu osseux.* — Lorsqu'un os se développe, certaines parties sont détruites et remplacées par de nouvelles, c'est un remaniement continu de la substance osseuse.

La *destruction* de la substance osseuse, selon Kölliker, opinion qui n'est pas partagée par tous les histologistes, serait due aux *myéloplaxes*, auxquels il donne le nom d'*ostéoclastes*, mot qui signifie *briseurs d'os* (1872). Les ostéoclastes usent, érodent, détruisent la substance osseuse, en y creusant de larges fossettes, auxquelles on donne le nom de *lacunes de Howship*.

Quant à la *production* de la substance osseuse, elle se fait par les *ostéoblastes* de la moelle (voy. *Ossification*).

Cellules de la moelle.

Jusqu'en 1849, on ne connaissait rien des éléments celluleux de la moelle. A cette époque, Ch. Robin décrivit deux espèces d'éléments principaux dans la moelle : 1° des cellules arrondies auxquelles il donna le nom de *médullocelles ;* 2° des plaques de protoplasma contenant un certain nombre de noyaux, qu'il nomma *myéloplaxes* (de *muelos* μύελος, moelle et *plax* πλαξ, plaque). Depuis Robin, divers auteurs ont étudié les cellules médullaires. Parmi eux, il convient de citer Newmann, Bizzozero, Torre, John Müller, Malassez, Lœvit, etc.

Dans l'état actuel de la science, on peut ainsi présenter les éléments celluleux de ce tissu.

On trouve dans la moelle des os : 1° des *cellules fixes du tissu conjonctif*, d'où dérivent les *ostéoblastes* et les *cellules graisseuses ;* 2° des *leucocytes*, ou *cellules migratrices de la moelle ;*

3° des *myéloplaxes*, décrits par Robin ; 4° des *cellules rouges de la moelle ;* 5° des *cellules à noyaux bourgeonnants*.

1° Cellules fixes du tissu conjonctif. — Ces cellules ont une disposition particulière. Nous avons vu que les fibrilles du tissu conjonctif de la moelle ne parviennent pas à leur complet développement, sont à l'état de *tissu conjonctif muqueux,* et ne sont pas accompagnées par des fibres élastiques. De même, les cellules du tissu conjonctif n'ont pas l'aspect qu'elles présentent ailleurs. Ce sont presque toujours des *cellules embryonnaires* plus ou moins arrondies et contenant un noyau.

Ostéoblastes. — En 1864, Gegenbaur signala, dans la couche ostéogène du périoste, chez les sujets en croissance, ces mêmes cellules embryonnaires, issues des cellules fixes du tissu conjonctif, auxquelles il donna le nom d'*ostéoblastes*, parce qu'elles engendrent de l'os (de *ostéon*, οστεον, os, et *blastos*, βλαστος, germe). La moelle, dans un os en formation, est presque uniquement formée d'ostéoblastes.

Cellules graisseuses. — Existant dans toutes les moelles, mais surtout dans la moelle graisseuse de l'adulte et du vieillard, les cellules graisseuses proviennent de la transformation des corpuscules du tissu conjonctif, de la même manière que dans le tissu adipeux ordinaire (voy. *Tissu adipeux*).



Fig. 767. — Trois préparations de myéloplaxes.

Dans la figure 767, on voit trois plaques à noyaux multiples, trois leucocytes mononucléaires, ou médulllocelles, et quatre leucocytes en évolution.

2° Leucocytes ou cellules migratrices de la moelle. — Les cellules migratrices de la moelle sont très nombreuses et d'un diamètre très variable. Généralement arrondies, ces cellules ont un protoplasma granuleux qui empêche de voir le noyau pendant la vie de la cellule ; mais après la mort du leucocyte, après l'addition d'eau ou d'acide acétique

dilué, le noyau devient très apparent, comme nous l'avons vu en étudiant les leucocytes.



Fig. 768.

Dans la figure 768, on voit deux myéloplaxes à bords irréguliers. Celui de droite présente des noyaux plus serrés.

Ce noyau, de la dimension d'un globule rouge du sang, est tantôt sphérique, comme dans les leucocytes *mononucléaires*, tantôt en boudin, en bissac, réniforme, et même divisé en plusieurs fragments, comme dans les leucocytes *polynucléaires*.

Les leucocytes migrateurs de la moelle sont doués de *mouvements amiboïdes* énergiques ; ils captent et digèrent les corpuscules qui se trouvent à leur portée. Ils sont donc phagocytes.

Il est admis aujourd'hui, sans conteste, que les leucocytes de la moelle ne sont autre chose que les médullocelles de Robin.

3° **Myéloplaxes.** — Les myéloplaxes ont de 38 μ à 100 μ. Ces plaques contiennent un grand nombre de noyaux ovoïdes, de 9 μ environ, avec deux ou trois nucléoles ; les noyaux sont au nombre de cinq à vingt-cinq, ce qui a fait donner à ces plaques le nom de *cellules géantes de la moelle* ou de *cellules à noyaux multiples*.



Fig. 769.

Dans la figure 769, on voit deux myéloplaxes à bords déchiquetés dont des parties 2, 3, 4, 5, paraissent se détacher pour former des cellules libres.

Le protoplasma des myéloplaxes renferme de fines granulations ; il est déchiqueté sur ses bords, comme on le voit dans la figure 769, et il ne possède pas de mouvements amiboïdes.

On n'est pas bien fixé sur l'origine des myéloplaxes. Les uns les font venir par transformation des ostéoblastes, les autres des cellules migratrices.

4° **Cellules rouges.** — Les cellules rouges de la moelle, décrites par Neumann et Bizzozero, sont des leucocytes modifiés, dont le protoplasma a élaboré de l'hémoglobine. L'hémoglobine leur donne une couleur rouge, et leur noyau est peu apparent. Les cellules rouges se multiplient rapidement et leurs cellules-filles donnent naissance, *par bourgeonnement*, aux hématoblastes, qui se trans-

forment, par la suite, en hématies non nucléées, ou *globules rouges du sang* (voy. *Origine des globules rouges*, p. 849).

5° Cellules à noyaux bourgeonnants. — Ces cellules ont été décrites par Bizzozero ; il en existe de petites et de volumineuses. Ce sont des masses de protoplasma contenant un seul noyau, plein de bosselures et bourgeonnant, ou bien plusieurs noyaux en chaîne. Il s'agit probablement d'une variété de leucocytes n'ayant plus ses mouvements amiboïdes.

Pour quelques auteurs, ce sont des ostéoblastes transformés.

— On voit que les cellules de la moelle sont de nature diverse et surtout de formes variées. Ce qui rend l'étude de ces éléments difficile, ce sont leurs transformations, les formes de transition qu'ils présentent, d'une variété à l'autre.

N'oublions pas, comme nous l'avons vu en étudiant le tissu conjonctif, la facilité avec laquelle se font les mutations entre leucocytes, cellules migratrices et cellules fixes du tissu conjonctif. Il se pourrait bien que les cellules médullaires variées soient une transformation d'un élément en un autre élément, et que les cellules fixes, embryonnaires, devenant ostéoblastes, puissent également se transformer en médullocelle, en leucocyte, en cellule rouge, et même en cellule à noyau bourgeonnant.

Pourquoi ne pas admettre que ces divers éléments peuvent également dériver des myéloplaxes, dont le protoplasma se fragmenterait ?

Les cellules à noyau bourgeonnant se multiplient par karyokinèse ; pourquoi ne seraient-elles pas une transformation des ostéoblastes ?

Pouchet a observé, chez le jeune lapin, des myéloplaxes de forme sphérique, avec noyaux multiples centraux, et il a vu des formes de passage entre ces éléments et les leucocytes de la moelle.

De même, Van de Stricht a suivi les formes de passage entre les leucocytes de la moelle et les cellules à noyau bourgeonnant.

ARTICLE III

DÉVELOPPEMENT DES OS

Dans les premiers jours qui suivent la fécondation, l'embryon n'a aucune forme, c'est une petite masse formée d'éléments celluleux dispersés sans ordre, et représentant un *mésenchyme*.

Ce mésenchyme n'est autre chose qu'un *tissu conjonctif embryonnaire*, formé de *cellules conjonctives* étoilées, anastomosées par

leurs prolongements, disposées sans ordre et séparées par une substance molle, amorphe, sans structure, et contenant une matière particulière, la *mucine*. L'embryon est alors formé de *tissu muqueux* (voy. *Tissu conjonctif muqueux*).

Ce sont les cellules de ce tissu muqueux qui, par des modifications, des sécrétions, des transformations et proliférations variées, vont donner naissance à tous les éléments anatomiques, à tous les tissus de l'organisme.

Nous n'avons à nous occuper ici que du tissu osseux.

On dit que le squelette passe par trois états successifs, l'état *muqueux*, l'état *cartilagineux* et l'état *osseux*.

Cette division est exacte dans une certaine mesure, avec quelques restrictions, puisqu'il y a des os qui ne passent pas par l'état cartilagineux.

Etat muqueux. — L'état muqueux est insignifiant ; cette expression signifie que le squelette n'existe en aucune façon et que l'embryon entier n'est qu'une masse informe formée de tissu muqueux.

Etat cartilagineux. *Points de chondrification*. — Les cellules conjonctives exhalent, sécrètent une substance très analogue à la mucine, la *chondrine*. Cette substance, en s'accumulant, écarte les cellules les unes des autres ; c'est là l'origine du *cartilage embryonnaire*, qui prendra plus tard les caractères du cartilage fœtal. Cette cartilaginification se fait par points séparés, isolés les uns des autres, et décrits sous le nom de *points de chondrification*.

Il se forme donc un *squelette cartilagineux primordial*. Chacune des pièces de ce squelette aura la forme d'un os, forme grossière, mais qui n'en est pas moins une sorte de moule du squelette osseux qui lui succédera.

Dans certaines régions du squelette, à la tête par exemple, il ne se forme pas de *cartilage*, mais bien du *tissu fibreux* qui s'ossifiera plus tard.

Dans ces points, on voit se développer, entre les cellules conjonctives embryonnaires, des *fibres* constituées par une *substance collagène* donnant de la gélatine par la coction. Ces fibres prennent les caractères du tissu fibreux. Entre ces fibres, on voit se former d'autres filaments chimiquement formés d'une substance spéciale appelée *élasticine ;* ce sont les fibres élastiques.

On ignore si les fibres du tissu fibreux sont une transformation chimique des prolongements des cellules s'allongeant démesurément, si elles sont sécrétées, exhalées par les cellules conjonctives, ou si elles se forment directement dans la substance amorphe du

tissu muqueux. On croit qu'elles se forment aux dépens du protoplasma de ces cellules et de la substance intercellulaire.

Etat osseux, points d'ossification. — La substance osseuse se développe dans le cartilage et dans le tissu fibreux par points isolés dits *points d'ossification.*

§ 1. — OSSIFICATION, FORMATION DU TISSU OSSEUX

L'ossification se fait de trois manières différentes : dans le cartilage ; sous le périoste ; dans le tissu conjonctif, d'où la division naturelle en *ossification enchondrale*, *ossification périostique* et *ossification endo-conjonctive.*

1° Ossification enchondrale.

L'ossification enchondrale est *néoplastique* chez l'homme (de νεὸς, nouveau, et πλαστειν, former), c'est-à-dire que le cartilage disparaît totalement pour être remplacé par le tissu osseux. On ne croit pas qu'il existe une ossification *métaplastique* dans laquelle les cellules cartilagineuses deviendraient cellules osseuses.

Appelée aussi *endochondrique* par Gegenbaur, l'ossification du cartilage se fait par îlots osseux, ou *points d'ossification.* C'est là l'ossification précédée d'une *ébauche cartilagineuse*, pour employer l'expression obscure de quelques auteurs.

Évolution d'un point d'ossification.

Dans la formation d'un point d'ossification, deux phénomènes se produisent : 1° le cartilage disparaît ; 2° il est remplacé par le tissu osseux. Ces deux phénomènes sont tellement connexes qu'on ne peut les étudier séparément.

Je rappellerai, pour l'intelligence de ce qui suit, que le cartilage embryonnaire ne possède aucun vaisseau ; c'est une substance amorphe, donnant de la chondrine par la coction, et renfermant des *cavités de cartilage* ou *chondroplastes*, tapissées d'une membrane, *capsule du cartilage.* Dans cette capsule sont incluses un nombre plus ou moins considérable de *cellules cartilagineuses.*

Examinons les diverses modifications subies par le cartilage et étudions : les transformations des cellules cartilagineuses et la calcification de la substance fondamentale, l'apparition des vaisseaux osseux et l'ossification proprement dite.

a. **Transformation des cellules cartilagineuses et calcification de la substance fondamentale du cartilage.** — Dans les régions du

cartilage où un point d'ossification va se montrer, on constate une *hypertrophie des cellules du cartilage*.

Le protoplasma de ces cellules augmente de volume ainsi que leurs noyaux. La capsule du cartilage, devenue trop petite pour les contenir, se distend en s'hypertrophiant. Il résulte de ce phénomène que la substance intermédiaire aux cavités du cartilage s'atrophie partiellement. Naturellement, ces changements sont à leur summum d'intensité au centre du point d'ossification, et s'atténuent vers la périphérie.

Remarquons qu'au moment de son apparition, le point d'ossification est à peine visible à l'œil nu.

Pendant que les capsules de cartilage et les cellules s'hypertrophient, la substance fondamentale du cartilage *s'incruste de granulations calcaires*, dont quelques-unes peuvent atteindre 3μ. Ce phénomène de *calcification* commence au voisinage des capsules pour s'étendre de proche en proche à toute l'épaisseur des cloisons de substance fondamentale qui séparent les capsules hypertrophiées.



Fig. 770. — Coupe d'un point d'ossification dans le corps du fémur d'un nouveau-né.

1, cellules cartilagineuses en séries longitudinales (cartilage sérié). — 2, bord du point d'ossification avec ses dentelures de substance osseuse; plus bas est une couche de substance compacte. — 3, 4, substance spongieuse formée par résorption de la substance compacte. Les espaces médullaires 4 sont vides de moelle. (Grossissement, 20, Kölliker.)

b. **Zone calcifiée**. — Dans la portion de cartilage qui a été calcifiée les cellules cartilagineuses subissent un phénomène de régression; flétries, irrégulières elles se désagrègent et se réduisent en granulations. Telle est la *zone calcifiée*.

c. **Zone sériée**. — Les cellules cartilagineuses situées en dehors de la portion calcifiée s'hypertrophient au contraire, ainsi que les capsules de cartilage. De plus, les cellules se disposent régulièrement en séries longitudinales et parallèles, s'empilant comme des pièces de monnaie et forçant le chondroplaste à s'allonger dans le même sens (fig. 770).

Ces séries de cellules empilées ont toujours une direction perpendiculaire à la surface de la zone calcifiée. Elles forment une zone spéciale entourant la précédente, *zone de cartilage sérié* de Ranvier.

d. **Apparition des vaisseaux osseux**. — Pendant que les phénomènes précédents se produisent, les vaisseaux du périchondre pénètrent dans le cartilage et entraînent quelques cellules de la couche ostéogène qui double la face profonde du périchondre. Ces cellules, véritables ostéoblastes, s'accolent aux parois des nouveaux vaisseaux en se multipliant.



Fig. 771. — Section longitudinale du point d'ossification de l'extrémité d'une phalange de veau, d'après H. Müller.

1, cartilage avec sa substance fondamentale et ses cellules en prolifération. — 2, espaces médullaires, boyaux séparés par des cloisons calcifiées. — 3, espaces renfermant des cellules médullaires, et devant communiquer plus tard avec les précédents. — 4, grand espace médullaire, ou boyau anfractueux. — 5, travées directrices calcifiées.

e. **Boyaux et travées directrices**. — Les vaisseaux cheminent directement vers le point calcifié. Chacun d'eux pénètre dans une série de capsules de cartilage, en détruisant leurs parois, et chemine au milieu des cellules cartilagineuses flétries. Comme les capsules de cartilage forment des lignes droites par leur juxtaposition, comme, d'autre part, le vaisseau chemine en droite ligne vers la zone calcifiée, on conçoit que le vaisseau, avec ses cellules, ou ostéoblastes, se trouve logé dans une sorte de *boyau* à parois irrégulières et dentelées. Ces boyaux sont séparés, cela se comprend, par des travées de substance fondamentale cartilagineuse calcifiée, connues sous le nom de *travées directrices*.

Cavités médullaires. — Les vaisseaux, avec les cellules contenues dans les boyaux, sont des rudiments de moelle ; c'est pourquoi on a appelé les *boyaux*, véritables cavités médullaires, *cavités médullaires primitives*.

Les vaisseaux du point d'ossification, venus du périchondre, sont appelés par quelques auteurs *vaisseaux ossificateurs*. On

appelle *cloisons intercapsulaires* les cloisons formées par l'adossement de deux capsules de cartilage en série longitudinale, et *cloisons intersériaires*, les cloisons de substance fondamentale séparant les séries de capsules, pour ainsi dire superposées.

Ossification proprement dite. — Il suffira de montrer comment se constituent les lamelles d'un *système de Havers* pour comprendre tous les phénomènes de l'ossification.

Nous savons maintenant qu'un capillaire sanguin, accompagné d'ostéoblastes se trouve au centre du boyau, résultant de la fonte, de la destruction des capsules et des cellules du cartilage, et que les parois anfractueuses de ce boyau sont formées par les travées directrices. Ces boyaux sont relativement larges.

Les ostéoblastes se multiplient; une partie reste en liberté autour du capillaire sanguin, pendant que les cellules les plus excentriques s'appliquent à la surface interne du boyau *à la manière d'un épithélium*. Légèrement écartés les uns des autres ces ostéoblastes étoilés forment donc des zones autour du capillaire.

Ostéoplaste et cellule osseuse. — Chaque ostéoblaste s'entoure d'abord sur sa face externe (externe par rapport au capillaire), puis sur sa face interne, d'une couche dure formée d'osséine combinée à des sels calcaires. Il se trouve ainsi emprisonné par une sorte de capsule osseuse qui deviendra *ostéoplaste*, tandis que l'ostéoblaste sera la *cellule osseuse*. L'ossification, ainsi produite par les cellules, formera un cylindre osseux, en rapport par sa face externe avec les travées de substance fondamentale calcifiée, et par sa face interne avec la cavité du boyau. Les cellules restées libres autour du capillaire vont continuer le même processus et former un nouveau cylindre et ainsi de suite, jusqu'à ce que le cylindre le plus interne, le plus central, soit appliqué sur la paroi du capillaire. Ce *système de cylindres emboîtés* permet de comprendre les coupes de ces cylindres autour des canaux de Havers, et la disposition en couronne des ostéoplastes autour des canaux de Havers (fig. 772).

Les six zones concentriques. — On voit, d'après ce qui précède, qu'on peut constater la présence de six zones concentriques dans un point d'ossification, de la périphérie au centre :

1° Une zone de *cartilage normal* avec ses attributs histologiques connus (fig. 771);

2° Une zone de cartilage présentant les premières altérations précédant l'ossification, c'est-à-dire la disposition des capsules et des cellules du cartilage en séries linéaires qui doivent traverser les vaisseaux, *zone de cartilage sérié* (fig. 770);

3° Une *zone calcifiée* de la substance fondamentale du cartilage ;

4° Une zone comprenant les couloirs, ou boyaux, remplis par le capillaire et les ostéoblastes, et limités par les travées directrices ; c'est la *zone ostéoïde* ou *ossiforme ;*

5° Une *zone d'ossification* avec ses lamelles cylindriques à fusion à la face interne des couloirs, ou boyaux, contre les travées directrices (fig. 771,5) ;

6° Une *zone du tissu osseux* définitif dans laquelle les longs couloirs ou boyaux sont complètement remplis, jusqu'à se juxtaposer au vaisseau capillaire.

2° Ossification périostique.

Nous savons comment se fait l'ossification au centre du cartilage ; étudions maintenant comment elle se fait à la surface de l'os, car l'os augmente en épaisseur par des couches osseuses venues du périoste. Ce genre d'ossification est appelé *périostique* ou *périchondrale.*

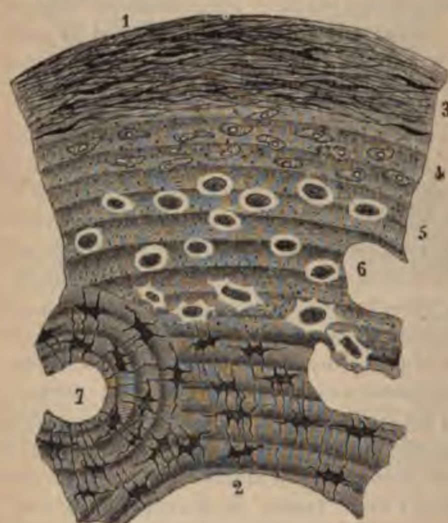


Fig. 772. — Fragment de tranche transversale de l'humérus sur un embryon de huit mois, montrant l'ossification par le périoste.

1, surface externe du périoste. — 2, surface courbe correspondant à la section d'un canal de Havers. — 3, périoste. — 4, tissu ostéogène nouveau. — 5, tissu ostéogène à une période plus avancée. — 6, espace médullaire. — 7, coupe d'un canal de Havers entouré de substance osseuse complètement formée, avec ses ostéoplastes.

La couche ostéogène renferme des faisceaux de fibres de tissu conjonctif entre-croisés dans différentes directions, des cellules embryonnaires, véritables ostéoblastes, nées des cellules fixes du périoste, et de nombreux vaisseaux capillaires.

Les *faisceaux de fibres* s'implantent dans la substance osseuse, ils se calcifient et ne renferment pas de cellules dans son épaisseur. Les cellules, situées à leur surface, accompagnent les faisceaux conjonctifs. Ces faisceaux conjonctifs constitueront les fibres de Sharpey quand ils seront recouverts d'une lamelle osseuse sécrétée par les ostéoblastes.

Les *ostéoblastes* sont très nombreux, ils remplissent les aréoles limitées par l'entre-croisement des faisceaux de fibres. Les plus voisins de ces faisceaux se juxtaposent à leur surface à la manière d'un épithélium dont les cellules seraient un peu espacées. Adhérant aux faisceaux de tissu conjonctif, ils sécrètent, par leur face adhérente, une lamelle de substance osseuse qui recouvre le faisceau de fibres, puis une autre lamelle par la face opposée, de sorte que, de la même manière que dans l'ossification enchondrale, ils deviennent *cellules osseuses* et sont contenus dans un ostéoplaste. A la surface interne de cette lamelle, de nouveaux ostéoblastes forment une autre lamelle, puis une autre, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le plus interne s'applique contre la paroi d'un capillaire. C'est ainsi que se forment les canaux de Havers, à la surface de l'os.



Fig. 773. — Cellules de la figure précédente.

1, cellules de la couche ostéogène. — 2, les mêmes plus avancées. — 3, les mêmes transformées en cellules osseuses.

Les faisceaux du tissu conjonctif calcifié forment des *travées directrices de l'ossification*, tout à fait comparables aux travées directrices cartilagineuses de l'ossification enchondrale.

Les *capillaires* sont nombreux ; mêlés aux nombreuses cellules embryonnaires, c'est-à-dire aux ostéoblastes, ils constituent une *moelle fœtale*.



Fig. 774. — Lamelle osseuse de la face interne du pariétal.

On voit en haut le blastème d'ossification avec ses fibres et ses cellules ; en bas, les ostéoblastes commencent à se montrer et le blastème à s'ossifier. (Gross. 300, d'après Kölliker.)

3° Ossification endo-conjonctive.

Cette ossification offre une grande analogie avec la précédente. Elle



Fig. 775. — Ostéoblastes du pariétal d'un embryon humain de treize semaines (d'après Gegenbaur).

1, trabécule osseuse au milieu de laquelle on voit les cellules osseuses résultant de la transformation des ostéoblastes 2, 2.

s'observe dans le crâne et dans la face : 1° dans le crâne, à la voûte cranienne (frontal, pariétal, écaille du temporal et partie postérieure de l'occipital) ; 2° dans la face, aux os nasaux, aux unguis, aux os malaires, aux maxillaires supérieurs, au vomer aux palatins, et à l'aile interne de l'apophyse ptérygoïde.

Ces os, se développant aux dépens d'une membrane de tissu conjonctif, ont reçu le nom d'*os de membrane*.

Dans la région où doit apparaître un point d'ossification, les cellules fixes du périoste donnent naissance, par prolifération, à des cellules jeunes et très nombreuses, *ostéoblastes*. Les nombreux faisceaux ou travées de tissu conjonctif, allant du périoste aux os se calcifient. Les ostéoblastes se groupent en rangée épithéliale contre ces travées et produisent une première lamelle comme dans l'ossification périostique. En dedans de la première lamelle s'en formera une deuxième, puis une troisième et ainsi de suite, jusqu'à ce que la dernière formant le *canal de Havers*, emprisonne un capillaire. Les faisceaux conjonctifs, calcifiés et recouverts de substance osseuse, forment des fibres de Sharpey.

§ 2. — OSSIFICATION ACCIDENTELLE. — CAL CONSOLIDATION DES FRACTURES

Quand un os est brisé, il y a solution de continuité, non seulement du tissu osseux proprement dit et de la moelle, mais souvent aussi du périoste et même des parties molles environnantes.



Fig. 776. — Formation du cal d'après Billroth (figure schématique).

1, périoste. — 2, 2, vaisseaux contenus dans les canaux de Havers dilatés. — 3, 3, couches osseuses. — 4, 4, cellules arrondies entourant les vaisseaux et résultant de la prolifération des corpuscules du tissu conjonctif péri-vasculaire.

Tous les tissus divisés laissent échapper du sang qui se collecte entre les deux fragments. Ce sang s'épaissit et les globules disparaissent ; il existe un liquide plus ou moins épais, dans lequel va se produire un travail d'ossification analogue à celui que je viens de décrire. Il se développe d'abord du cartilage ; ensuite un point osseux se forme et les phénomènes d'ossification

ne diffèrent pas de ceux que nous avons étudiés dans l'os fœtal. Le canal médullaire se trouve obstrué et, à la surface, le périoste se reconstitue et participe à l'ossification. On peut affirmer que l'os est plus solide au niveau du cal que dans son voisinage.

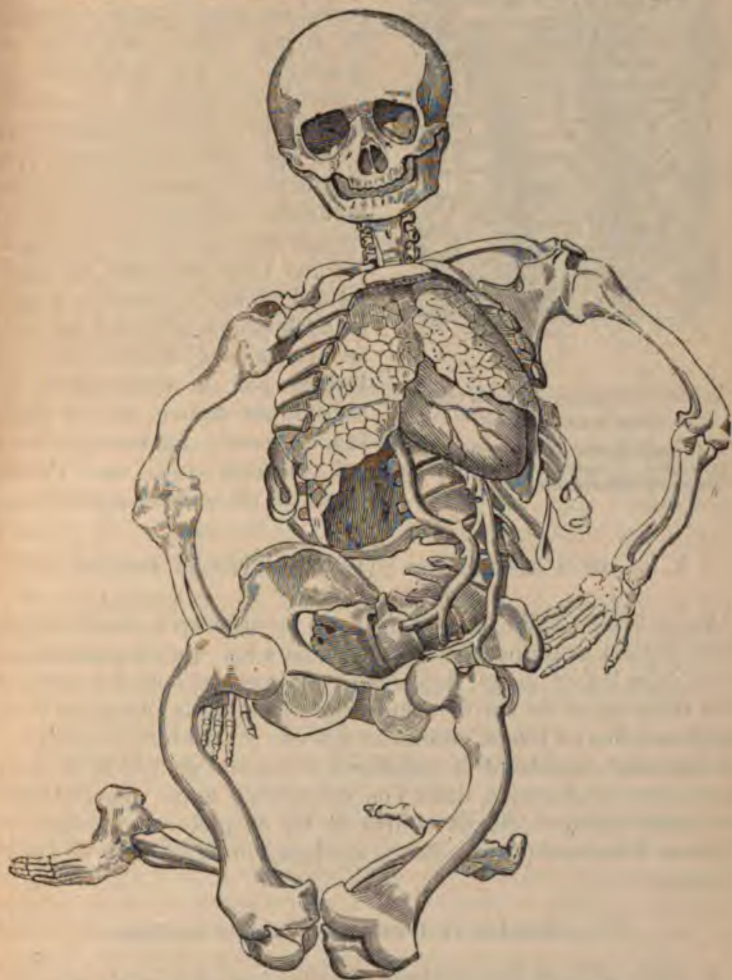


Fig. 777. — Squelette complètement déformé par le rachitisme.

§ 3. — MODIFICATIONS PATHOLOGIQUES DE L'OSSIFICATION

Il arrive que, sous l'influence d'une mauvaise alimentation e

souvent sans cause bien connue, l'ossification se fait mal. Chez certains enfants, la substance osseuse n'a pas assez de dureté, les épiphyses n'ont plus assez de résistance pour soutenir le poids du corps, elles s'affaissent, se gonflent, et les diaphyses se tordent en tous sens. La colonne vertébrale s'incurve parce qu'elle n'est pas assez résistante pour supporter le poids de la tête et des membres supérieurs. Tel est le *rachitisme*, maladie de l'enfance.



Fig. 778. — Lésions du tissu osseux dans le rachitisme.

1, 1, cartilage sérié dont les cellules sont hypertrophiées et molles. — 2, 2, cloison de substance calcifiée ramollie.

Dans l'*ostéomalacie*, le squelette devient entièrement mou et les os flexibles. Cette maladie, qui se montre chez l'adulte, est caractérisée par la diminution des substances salines de la substance osseuse. La moelle des os est envahie par une grande quantité de cellules graisseuses.

§ 4. — DE L'OSSIFICATION DANS LES DIVERSES ESPÈCES D'OS

Après avoir étudié la formation du tissu osseux, l'ossification, nous devons examiner l'ossification dans les diverses catégories d'os, dans les os longs, dans les os plats et dans les os courts. Il sera intéressant de savoir comment se forment la diaphyse et les épiphyses des os longs, comment ces os croissent en longueur et en épaisseur, comment la substance compacte de l'os et le canal médullaire se forment dans l'os spongieux. Enfin, nous verrons de quelle manière les os courts et les os plats augmentent de volume. Finalement nous dirons quelques mots des lois de l'ossification.

1° Ossification et développement des os longs.

Tous les os longs des membres s'ossifient par des points isolés envahissant l'os insensiblement, et finissant par se souder entre eux.

La diaphyse s'ossifie la première, aussi a-t-on donné le nom de *point osseux primitif* au point d'ossification de la diaphyse. Ceux des épiphyses, qui viennent plus tard, souvent après la naissance de l'enfant, sont les *points osseux secondaires complémentaires*

ou *points épiphysaires*. Les points d'ossification furent signalés pour la première fois par l'anatomiste hollandais Volcher Koyter, disciple de Fallope, ainsi que leur soudure (*De ossibus*, etc. Bologne, 1566).

Apparition et mode d'envahissement du point osseux primitif. — Presque en même temps, vers le milieu de la diaphyse, on voit apparaître un point osseux enchondral et un point périostique.

L'*os enchondral* s'accroît en longueur et en épaisseur, et finit par se réunir à l'os périostique.

L'*os périostique*, sécrété par le périoste, forme une mince couche qui entoure la diaphyse à la manière d'une bague.

L'os enchondral et l'os périostique se rejoignent, puis ils envahissent le cartilage en se dirigeant vers les extrémités de l'os ou épiphyses. Voilà le *point primitif*, l'*os diaphysaire*.

Il n'y a encore ni substance compacte ni canal médullaire ; l'os est entièrement spongieux.

Apparition et mode d'envahissement des points secondaires ou épiphysaires. — Plus tard apparaissent les points secondaires qui compléteront l'os. Vers la naissance ou un peu plus tard, il se forme un point osseux au centre de chacune des épiphyses. Ce point envahit peu à peu la totalité de l'épiphyse, mais l'ossification s'arrête vers l'extrémité de la diaphyse, au *cartilage de conjugaison*. C'est le *point complémentaire*, l'*os épiphysaire*.

Accroissement des os longs en longueur. — La diaphyse et l'épiphyse une fois formées, l'os continue à s'allonger. L'allongement se fait au point d'union de la diaphyse et des épiphyses par des couches osseuses nouvelles produites par le cartilage de conjugaison.

L'os s'allonge par le cartilage de conjugaison. — Le cartilage de conjugaison est une lamelle cartilagineuse qui a été respectée par l'ossification, à l'union de la diaphyse et de l'épiphyse.

Ce cartilage n'est pas séparable du reste de l'os. Les faces sont envahies progressivement, du côté de l'épiphyse et surtout de la diaphyse, de sorte qu'elles forment des couches osseuses qui se superposent. En même temps, cette lamelle de cartilage de conjugaison se maintient par prolifération de ses cellules jusqu'au moment où les épiphyses et les diaphyses se soudent entre elles.

Le siège de l'allongement des os est connu depuis Duhamel. Plantez quatre pointes métalliques sur un os long, deux aux épiphyses, deux à la diaphyse ; examinez l'os au bout d'un certain temps ; les deux pointes de la diaphyse ne se seront pas écartées, mais celles des épiphyses se seront éloignées de la diaphyse. L'os s'accroît donc en longueur entre la diaphyse et l'épiphyse.

D'autre part, répétez l'expérience d'Ollier. Enlevez le cartilage de conjugaison à un os long, vous verrez que le bout de l'os privé de cartilage de conjugaison ne s'accroît plus. Naturellement il faut faire ces expériences sur un animal jeune pendant la période de croissance

Arrêt de croissance des os longs. — Entre seize et vingt-cinq ans, l'époque est fort variable, les os cessent de s'allonger et la croissance s'arrête. A ce moment, le cartilage de conjugaison est envahi par l'ossification, c'est la *période de soudure* des épiphyses à la diaphyse.

Accroissement des os longs en épaisseur, formation du système fondamental externe. — Tandis que l'os s'allonge par les couches osseuses fournies par le cartilage de conjugaison, il augmente en épaisseur par les couches osseuses que le périoste dépose autour de l'os. Lorsque l'allongement de l'os est sur le point de s'achever, l'activité du périoste se ralentit, comme celle du cartilage de conjugaison. Les nombreuses cellules de la couche ostéogène du périoste diminuent de nombre et se réduisent à une simple couche de cellules, d'ostéoblastes, séparant l'os du périoste. Dès ce moment, le périoste ne formera plus de substance spongieuse, mais des couches régulières de substance osseuse qui entourent l'os à la manière d'un manchon. Ces couches se superposent et forment le *système fondamental externe de l'os.* Les épiphyses augmentent de volume de la même manière.

Formation de la substance compacte et du canal médullaire. — L'os fœtal ne renferme ni canal médullaire ni substance compacte. Une cavité centrale commence à se montrer au centre de la diaphyse et augmentera sans cesse jusqu'à ce que la croissance de l'os soit terminée.

A mesure que l'os augmente d'épaisseur, le *canal médullaire* augmente, par suite d'une résorption intérieure, appelée par Hunter *résorption modelante.* Le fait est si vrai que si l'on vient à placer un anneau métallique sous le périoste de la diaphyse d'un os, non seulement cet anneau sera recouvert d'une couche osseuse fournie par le périoste, mais encore, au bout d'un certain temps l'anneau métallique se trouvera au centre de l'os dans le canal médullaire. Comme l'anneau métallique ne peut pas diminuer, on est bien forcé d'admettre que l'os s'est agrandi et que le canal médullaire s'est pour ainsi dire dilaté.

Quel est l'agent de cette résorption ? Ce sont les éléments de la moelle osseuse, décrits sous le nom de *myéloplaxes* par Robin et d'*ostéoclastes* par Kölliker. Ce mot, dérivé du grec, signifie *des-*

tructeur d'os. En effet, les ostéoclastes, appliqués sur les cloisons de la substance spongieuse, rongent ces cloisons, les amincissent les détruisent, de sorte que les aréoles finissent par communiquer avec les plus voisines. Ainsi se forment des cavités qui augmentent insensiblement jusqu'à formation du canal médullaire. En un mot, le canal médullaire se forme par la destruction centrale, la résorption incessante de la diaphyse.

On peut constater ce phénomène *de visu*. On peut voir les ostéoclastes adhérant à la substance osseuse, la creusant et se formant de petites niches parfaitement visibles et connues sous le nom de *lacunes de Howship*.

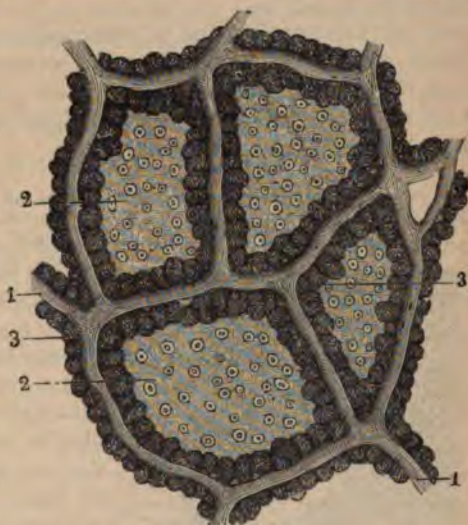


Fig. 779. — Lamelle osseuse venant du maxillaire d'un fœtus de veau.

1, 1, traînées osseuses de formation récente, non encore envahies par les ostéoblastes. — 2, 2, substance médullaire avec vaisseaux sanguins. — 3, 3, ostéoblastes. (Grossissement, 300. Kolliker.)

Lorsque le canal médullaire est achevé, il se dépose une couche d'ostéoblastes sur la paroi interne de la diaphyse, et ces éléments sécrètent des couches successives de substance osseuse, par le même processus qui a déjà été étudié avec l'ossification. Ces lamelles osseuses constituent ce qu'on appelle dans l'os complet le *système fondamental interne* ou *système médullaire*.

C'est par un mécanisme analogue de destruction et reconstruction successive que se forme la *substance compacte*. Nous savons que l'*os fœtal est complètement spongieux;* pendant que le canal médullaire se forme par une destruction centrale dont les ostéoclastes sont les agents actifs, pareil phénomène s'observe à la surface externe de la diaphyse, sous le périoste. Les cloisons de la substance spongieuse se détruisent sous l'action des ostéoclastes, plusieurs cavités communiquent entre elles de manière à former de larges aréoles. Puis des ostéoblastes se disposent en couches régulières et sécrètent des lamelles osseuses qui se sur-

D'autre part, répétez l'expérience d'Ollier. Enlevez le cartilage de conjugaison à un os long, vous verrez que le bout de l'os privé de cartilage de conjugaison ne s'accroît plus. Naturellement il faut faire ces expériences sur un animal jeune pendant la période de croissance

Arrêt de croissance des os longs. — Entre seize et vingt-cinq ans, l'époque est fort variable, les os cessent de s'allonger et la croissance s'arrête. A ce moment, le cartilage de conjugaison est envahi par l'ossification, c'est la *période de soudure* des épiphyses à la diaphyse.

Accroissement des os longs en épaisseur, formation du système fondamental externe. — Tandis que l'os s'allonge par les couches osseuses fournies par le cartilage de conjugaison, il augmente en épaisseur par les couches osseuses que le périoste dépose autour de l'os. Lorsque l'allongement de l'os est sur le point de s'achever, l'activité du périoste se ralentit, comme celle du cartilage de conjugaison. Les nombreuses cellules de la couche ostéogène du périoste diminuent de nombre et se réduisent à une simple couche de cellules, d'ostéoblastes, séparant l'os du périoste. Dès ce moment, le périoste ne formera plus de substance spongieuse, mais des couches régulières de substance osseuse qui entourent l'os à la manière d'un manchon. Ces couches se superposent et forment le *système fondamental externe de l'os*. Les épiphyses augmentent de volume de la même manière.

Formation de la substance compacte et du canal médullaire. — L'os fœtal ne renferme ni canal médullaire ni substance compacte. Une cavité centrale commence à se montrer au centre de la diaphyse et augmentera sans cesse jusqu'à ce que la croissance de l'os soit terminée.

A mesure que l'os augmente d'épaisseur, le *canal médullaire* augmente, par suite d'une résorption intérieure, appelée par Hunter *résorption modelante*. Le fait est si vrai que si l'on vient à placer un anneau métallique sous le périoste de la diaphyse d'un os, non seulement cet anneau sera recouvert d'une couche osseuse fournie par le périoste, mais encore, au bout d'un certain temps l'anneau métallique se trouvera au centre de l'os dans le canal médullaire. Comme l'anneau métallique ne peut pas diminuer, on est bien forcé d'admettre que l'os s'est agrandi et que le canal médullaire s'est pour ainsi dire dilaté.

Quel est l'agent de cette résorption ? Ce sont les éléments de la moelle osseuse, décrits sous le nom de *myéloplaxes* par Robin et d'*ostéoclastes* par Kölliker. Ce mot, dérivé du grec, signifie *des-*

tructeur d'os. En effet, les ostéoclastes, appliqués sur les cloisons de la substance spongieuse, rongent ces cloisons, les amincissent les détruisent, de sorte que les aréoles finissent par communiquer avec les plus voisines. Ainsi se forment des cavités qui augmentent insensiblement jusqu'à formation du canal médullaire. En un mot, le canal médullaire se forme par la destruction centrale, la résorption incessante de la diaphyse.

On peut constater ce phénomène *de visu*. On peut voir les ostéoclastes adhérant à la substance osseuse, la creusant et se formant de petites niches parfaitement visibles et connues sous le nom de *lacunes de Howship*.

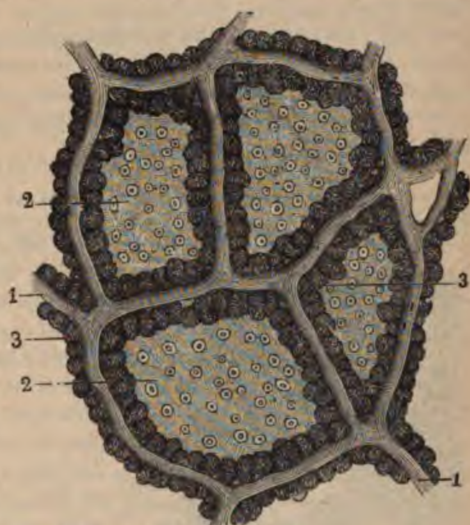


Fig. 779. — Lamelle osseuse venant du maxillaire d'un fœtus de veau.

1, 1, traînées osseuses de formation récente, non encore envahies par les ostéoblastes. — 2, 2, substance médullaire avec vaisseaux sanguins. — 3, 3, ostéoblastes. (Grossissement, 300. Kolliker.)

Lorsque le canal médullaire est achevé, il se dépose une couche d'ostéoblastes sur la paroi interne de la diaphyse, et ces éléments sécrètent des couches successives de substance osseuse, par le même processus qui a déjà été étudié avec l'ossification. Ces lamelles osseuses constituent ce qu'on appelle dans l'os complet le *système fondamental interne* ou *système médullaire*.

C'est par un mécanisme analogue de destruction et reconstruction successive que se forme la *substance compacte*. Nous savons que l'*os fœtal est complètement spongieux;* pendant que le canal médullaire se forme par une destruction centrale dont les ostéoclastes sont les agents actifs, pareil phénomène s'observe à la surface externe de la diaphyse, sous le périoste. Les cloisons de la substance spongieuse se détruisent sous l'action des ostéoclastes, plusieurs cavités communiquent entre elles de manière à former de larges aréoles. Puis des ostéoblastes se disposent en couches régulières et secrètent des lamelles osseuses qui se sur-

ajoutent de dehors en dedans, en se rétrécissant sans cesse jusqu'à ce que la plus centrale forme un canal étroit emprisonnant l'œ capillaire. C'est un *canal de Havers* et le système de lames emboîtées et emprisonnant les ostéoblastes devenues cellules osseuses constitue un *système haversien*. Ainsi se forme la substance compacte.

On voit, en somme, que le tissu osseux est le siège de remaniements, qui ne cessent qu'après la croissance. Il est certain qu'au bout de quelques années il ne reste plus trace de l'os ancien; il est remplacé par un os nouveau, par suite de résorption et de reconstruction incessantes.

2° Accroissement des os plats et des os courts.

J'ai déjà dit que les os courts peuvent être comparés aux épiphyses des os longs ; leur accroissement a lieu de la même manière.



Fig. 780. — Fragment de pariétal d'un fœtus de veau.

1, dure-mère ou périoste externe. — 2, 3, couche ostéogénique. — 4, tissu osseux. — 5, aéroles du tissu spongieux. — 6, 7, 8, périoste interne et ses couches.

Dans les os plats cartilagineux, côtes, sternum, os de la base du crâne, et dans les os courts, les choses se passent comme nous l'avons vu précédemment et les os s'accroissent de la même manière que les os longs.

Dans les *os de membrane*, voûte du crâne, l'accroissement se fait par les dépôts osseux formés par le périoste et la dure-mère. On sait que, *chez les jeunes sujets*, la face externe de la dure-mère joue le rôle de périoste et peut produire des lamelles osseuses, lorsqu'elle est transplantée.

§ 5. — RARÉFACTION OSSEUSE DANS LA VIEILLESSE

A une époque variable, entre quarante et cinquante ans, un peu plus tôt chez la femme, il se produit un phénomène qui s'accentue à mesure qu'on avance en âge. Les cloisons de la substance spongieuse s'amincissent, les parois de la diaphyse des os longs perdent de leur épaisseur et le canal médullaire s'agrandit. L'os devient plus friable. Ce phénomène, connu sous le nom de *raréfaction osseuse, raréfaction sénile*, explique comment les

fractures sont plus fréquentes dans la vieillesse. Au niveau du choc il se produit une fracture, et il n'est pas rare de voir un vieillard se fracturer plusieurs os à la fois dans une simple chute. Ce phénomène de raréfaction est très accentué au calcanéum et au col du fémur qui se fracturent si fréquemment chez les personnes âgées. Il n'est pas rare de voir ces fractures se produire par un simple mouvement du corps dans le lit.

ARTICLE IV

LOIS DE L'OSSIFICATION

Les points osseux apparaissent dans le cartilage et se soudent entre eux, selon certaines règles auxquelles on donne le nom de *lois*. Ces lois se rapportent surtout à l'ossification des os longs.

Les *os courts*, en effet, se développent, la plupart du temps, par un seul point osseux central qui envahit insensiblement la totalité du cartilage, en respectant le cartilage articulaire.

Les *os plats* ont un ou plusieurs points d'ossification étoilés qui rayonnent du centre vers la périphérie, ainsi que l'observa pour la première fois Volcher Koyter.

Les os longs, nous l'avons déjà vu, se développent par un point principal, ou *point diaphysaire*, et par des *points secondaires* ou *épiphysaires*.

Lois de Serres. — En 1819, Serres énonça les règles d'ossification suivantes relatives à la formation des os, à leurs éminences et à leurs cavités, ainsi qu'au développement symétrique de quelques-uns. Ces lois, quoique souffrant quelques exceptions, sont utiles à connaître.

Loi des éminences. — *Toute saillie osseuse se forme aux dépens d'un point d'ossification particulier.* Ex. : Les trochanters, l'apophyse coracoïde et l'acromion, etc.

Il faut excepter quelques saillies osseuses telles que l'apophyse mastoïde, l'apophyse zygomatique, etc.

Loi des cavités. — *Les cavités osseuses et les trous osseux sont formés par la réunion de deux ou plusieurs pièces osseuses.* Ex. : cavité glénoïde, cavité cotyloïde, trou vertébral, trou occipital, etc. Il y a peu d'exceptions à cette loi.

Loi de symétrie. — *Tout os médian impair est formé de deux moitiés latérales qui se soudent sur la ligne médiane.* Ex. : ethmoïde, sphénoïde, frontal, maxillaire inférieur, sternum, etc. Il faut excepter les vertèbres.

Loi d'Arthaud. — *Les épiphyses qui répondent aux articulations*



Fig. 781. — Diaphyses et épiphyses des os longs du membre supérieur (d'après une pièce naturelle du musée Orfila).



Fig. 782. — Diaphyses et épiphyses du fémur, du tibia et du péroné (d'après une pièce naturelle du musée Orfila).

ginglymoïdales (coude, phalanges), *s'ossifient beaucoup plus tôt que celles des articulations orbiculaires* (épaule, hanche).

Lois de A. Bérard. — 1° *Dans les os longs des membres l'extrémité vers laquelle se dirige le trou nourricier se soude la première au corps de l'os.* Cette loi est exacte excepté pour le péroné. 2° Les os qui n'ont qu'un point épiphysaire comme les métacarpiens, les métatarsiens, les phalanges et la clavicule sont soumis à la loi suivante : *Le point épiphysaire des os mono-épiphysaires se développe toujours à l'extrémité de l'os opposée à la direction du trou nourricier.*

Je ferai remarquer que les trous nourriciers des os du membre supérieur convergent vers l'articulation du milieu du membre (coude), tandis que ceux des os du membre inférieur s'éloignent de l'articulation du genou. On peut donc compléter ainsi la loi de Bérard. *Les extrémités osseuses vers lesquelles se dirige le trou nourricier dans les membres s'ossifient les premières et se soudent au corps de l'os les dernières*, excepté pour le péroné, dont l'extrémité supérieure se soude la dernière.

Loi de Picqué. — *Dans les os mono-épiphysaires*, métacarpiens, métatarsiens, phalanges, clavicules, côtes, *le point épiphysaire apparaît dans l'extrémité la plus mobile* (Société de biologie, 1892).

Loi d'Alexis Julien. — *Le premier point épiphysaire d'un os long apparaît toujours sur celle de ses extrémités qui est la plus importante au point de vue fonctionnel* (Acad. des Sc., 1892). Cette loi du savant professeur libre d'anatomie est des plus exactes.

— *Notes complémentaires.* — Les os ne présentent pas de rugosités lorsque les fibres musculaires s'insèrent directement sur eux. Les rugosités se montrent au niveau des tendons et leur saillie est proportionnelle au volume du tendon.

— Belchier, de Londres, et Duhamel du Monceau, de Paris, reconnurent les premiers l'action de la garance sur les os. Quelques historiens disent que cette découverte est due à Misaud, médecin de Paris (1567).

— Duhamel du Monceau trouvait une analogie complète entre le bois des arbres et les os des animaux (Acad. des sc., 1743), ce que Grew (Londres 1681) et Malpighi (*Dissert. De cornuum vegetatione*, 1689), avaient dit depuis longtemps :

« Le périoste, dit-il, est aux os ce que l'écorce est aux arbres. Les lames intérieures de cette membrane s'ossifient, comme les lames intérieures de l'écorce, augmentent la grosseur du corps ligneux, à mesure qu'elles s'endurcissent. » Cette manière de voir fut combattue par Haller et Albinus. D'après eux, le périoste ne s'ossifient pas, et ses lames ne se changent pas en os. Un os ne se forme pas comme un arbre.

CHAPITRE VII

TISSUS MUSCULAIRES

Il existe trois sortes de tissus musculaires : le tissu **musculaire** lisse, le tissu musculaire strié et le tissu musculaire **du cœur**. Anatomiquement et physiologiquement, ces tissus sont différents.

On ne peut pas concevoir le tissu musculaire s'il n'est pas rattaché au système nerveux, car, ainsi que nous le verrons plus loin, chaque muscle est relié aux centres nerveux par un nerf dont la destruction entraîne l'inertie et même la mort du muscle.

Le *tissu musculaire lisse*, ou mieux *à fibres lisses*, qui se rencontre le long du tube digestif et des voies respiratoires, dans les vaisseaux sanguins et lymphatiques, et dans une foule d'autres organes, est formé de fibres dépourvues de striation, c'est-à-dire non rayées tranversalement.

Les muscles à fibres lisses, sauf quelques exceptions, comme ceux de la vessie, le muscle ciliaire et le dilatateur de la pupille, sont animés par le grand sympathique ; leurs contractions ont lieu à l'ombre et en silence ; elles sont inconscientes, et se produisent la nuit comme le jour. Ces contractions sont lentes à se produire et lentes à s'éteindre ; elles déterminent dans les tissus de petites ondulations qui ont reçu de Riolan (1) le nom de *mouvements vermiculaires*, parce que cet anatomiste les a comparées aux mouvements que feraient des vers grouillant dans l'épaisseur des tissus. Les parois intestinales, par exemple, sont le siège de contractions incessantes pendant le sommeil.

Le *tissu musculaire à fibres striées* est animé par les nerfs de la vie animale ; ses contractions se produisent sous l'influence de la volonté, et uniquement à l'état de veille, car pendant le sommeil, à moins d'excitation particulière, les muscles à fibres striées sont à l'état de repos. Ses contractions brusques, et soumises à l'influence de la volonté, produisent le raccourcissement, l'indu-

(1) Riolan, célèbre anatomiste français, né à Paris en 1577, mort le 19 février 1657.

ration et l'épaississement du muscle. Par exception, les contractions des fibres lisses de la vessie se font sous l'influence de la volonté.

Le *tissu musculaire cardiaque* est sous l'influence du grand sympathique, comme le tissu musculaire à fibres lisses, et de deux nerfs du système nerveux de la vie animale, le spinal et le pneumogastrique. Ses contractions sont involontaires, comme celles des muscles à fibres lisses, mais elles sont brusques, comme celles du tissu musculaire à fibres striées, car le tissu musculaire cardiaque est formé de fibres striées. Le tissu musculaire cardiaque sera décrit avec le *cœur*.

Les muscles à fibres striées sont encore appelés *muscles de la vie animale*, *muscles de relation* et *muscles volontaires*, en raison de leurs connexions nerveuses; *muscles rouges* à cause de leur couleur, et *muscles extérieurs*, parce qu'ils sont situés à la surface du squelette. Par contre, les muscles à fibres lisses sont appelés *muscles de la vie organique*, *muscles involontaires*, *muscles pâles*, *muscles intérieurs*.

Cette division n'est pas absolument exacte, puisque les fibres du cœur sont striées et involontaires, et que l'escargot, qui n'a que des fibres lisses, possède des muscles volontaires, tandis que l'écrevisse, qui n'a que des muscles striés, a des mouvements involontaires.

ARTICLE PREMIER

TISSU MUSCULAIRE A FIBRES LISSES

Préparation. — Pour préparer le tissu musculaire lisse, un des meilleurs procédés consiste à mettre des fragments d'intestin ou de vessie dans un tube à essai contenant de l'alcool au 1/3 : on agite ensuite fortement et on laisse reposer vingt-quatre heures. Dans ces conditions, en prenant de très fins fragments de tissu, on peut arriver, par la dissociation, à voir très nettement les fibres musculaires lisses. La solution de potasse à 2 : 5 (procédé de Moleschott) isole bien les fibres-cellules en quelques minutes. Il en est de même du procédé de Kölliker : acide nitrique, 20, eau 100. L'alcool pur, et l'acide chromique les durcissent et les brisent; ils servent à étudier la surface coupée des fibres lisses.

Structure. — Dans le tissu musculaire à fibres lisses, nous avons à étudier l'élément anatomique fondamental, la *fibre lisse*, et des éléments accessoires qui sont : le *tissu conjonctif*, les *vaisseaux*, les *nerfs*.

1° *Elément fondamental du tissu musculaire lisse.*

L'élément fondamental est la *fibre lisse*, ainsi nommée parce qu'elle est dépourvue des *raies transversales* (stries) des fibres striées.

Sa découverte. — La fibre lisse fut découverte en 1848 par le savant micrographe allemand Kölliker, qui montra qu'elle n'est qu'une cellule modifiée, et qui lui donna, pour cette raison, le nom fort juste de *fibre-cellule*.



Fig. 783. — Deux fibres musculaires lisses avec noyau allongé.

Mais, aujourd'hui, cette expression est abandonnée pour celle de *fibre lisse*. Avant Kölliker, Henle et les autres micrographes n'ayant aperçu que le noyau des fibres lisses, considéraient ce tissu comme formé d'une substance homogène, parsemée de noyaux, ce qui démontre combien la réunion des fibres lisses est intime.

Son origine. — Elles se développent sur place, aux dépens des cellules mésenchymateuses du mésoderme. Dans les points où les fibres lisses doivent se former, les cellules du mésoderme se transforment ; elles perdent leur aspect étoilé, ainsi que leurs mouvements amiboïdes. Elles s'effilent, leur noyau s'allonge et le protoplasma devient *sarcoplasme*. Elles se développent soit dans la somatopleure, soit dans la splanchnopleure, soit dans le mésoderme axial, soit dans les membres.

Caractères généraux. — Les fibres lisses ont la forme de rubans, légèrement ondulés, larges au milieu, effilés aux extrémités. Elles sont, par conséquent, aplaties, ce qui les fait paraître très minces quand elles sont aperçues de profil. Leur longueur moyenne est de 45 μ, leur largeur de 6 μ : mais ces dimensions sont fort variables ; ainsi, elles sont très courtes dans les artères (fig. 784) et très longues, jusqu'à 500 μ, dans l'utérus gravide (fig. 785).

Les fibres lisses présentent des stries longitudinales très fines, qui indiquent la présence de filaments longitudinaux à la surface de la fibre.

Structure de la fibre lisse. — Les fibres lisses sont nues, dépourvues d'enveloppe; elles sont fusiformes.

Leur *protoplasma* est translucide, sans élasticité. A mesure que la fibre lisse se développe, le protoplasma se modifie ; il forme, dans l'axe même de la fibre, un *fuseau protoplasmique axial*, au centre duquel est situé le noyau.

La substance du protoplasma, qui prend le nom de *sarcoplasme*, se strie, se raye dans le sens longitudinal, parce que des fibrilles contractiles se développent à sa périphérie. La fibre est donc formée d'une partie centrale qui reste à l'état de protoplama non

différencié, et d'une partie superficielle formée de substance contractile, *écorce contractile.*

Le *noyau* des fibres lisses est ovoïde, granuleux, mince et allongé. Il est parfois si long (fig. 782) qu'on lui donne le nom de *noyau en bâtonnet*, caractéristique des fibres lisses. Il est formé d'un réticulum de chromatine, enroulé, très net. Il possède un ou deux *nucléoles*, découverts par Piso-Borme.



Fig. 784. — Fibres musculaires lisses de l'artère crurale du chien. (Gr. 350.)



Fig. 785. — Fibre musculaire d'un utérus de vache pendant la gestation. (Gr. 350.)

Fibrilles. — A la périphérie de la fibre lisse, on trouve des fibrilles longitudinales parallèles, ou *baguettes contractiles*, allant d'une extrémité à l'autre de la fibre (fig. 786).

Ces fibrilles, composant la fibre lisse sont homogènes, dépourvues de stries et parallèles entre elles.

Le sarcoplasme, qui entoure le noyau, et qui se prolonge dans l'axe de la fibre lisse, envoie des cloisons longitudinales qui s'insinuent entre les fibrilles et atteignent parfois la surface de la fibre, pour lui former une mince enveloppe totale de sarcoplasme (fig. 788).

Si l'on examine la *coupe* d'une fibre lisse, on voit la section du sarcoplasme des cloisons et du noyau dont je viens de parler (fig. 788), et celle des fibrilles à laquelle on donne le nom de *champs de Cohnheim* (fig. 788). Dans les fibres lisses, les champs

de Cohnheim sont formés par la coupe des fibrilles, tandis que dans le tissu musculaire strié, ils sont formés par la coupe des faisceaux de fibrilles, ou *colonnettes de Leydig*.

L'*alcool* rend les fibrilles très distinctes les unes des autres. L'*acide acétique* rend le noyau très visible, en gonflant la subs-



Fig. 786. — Fibre musculaire lisse (schéma).

1, noyau. — 2, fibrilles formant l'écorce contractile.

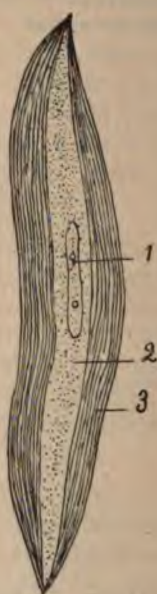


Fig. 787. — Fibre lisse coupée longitudinalement (schéma).

1, noyau. — 2, fuseau protoplasmique axial. — 3, fibrilles contractiles.



Fig. 788. — Coupe de fibre lisse et de son noyau.

1, noyau. — 2, protoplasma axial. — 3, cloisons du sarcoplasme entre les faisceaux de fibrilles. — 4, enveloppe sarcoplasmique de la fibre se continuant avec les cloisons du sarcoplasme 3. — 5, fibrille.



Fig. 789. — Coupe de la fibre musculaire en dehors du noyau.

tance de la fibre lisse, et en lui donnant un aspect à peu près homogène.

Fibrine musculaire. — La substance qui forme les fibres lisses est appelée *fibrine musculaire* ou *syntonine*. Elle offre la plus grande analogie avec la fibrine du sang, dont elle se distingue en ce qu'elle est insoluble dans le nitrate et le carbonate de potasse, et en ce qu'elle est soluble dans l'acide chlorhydrique étendu.

Variétés de fibres lisses. — Nous avons vu combien ces fibres varient dans leurs dimensions. Moleschott et Piso-Borme (1863) ont constaté des anastomoses entre les fibres lisses chez les ani-

maux inférieurs. Ils se sont servis de la solution de potasse à 40 p. 100, formule de Moleschott. Ils ont aussi constaté que les fibres lisses se bifurquent quelquefois chez l'homme, dans l'utérus gravide, la prostate, le rectum, la vessie, l'iris, le pylore et les artères. Parfois la bifurcation se montre aux deux extrémités de la fibre (fig. 791). Dans l'aorte et quelques autres artères, elles sont rameuses, *fibres rameuses* de Ranvier.

On a donné le nom de *ponts intercellulaires* aux anastomoses entre fibres lisses.

Rapport des fibres lisses entre elles. — Les fibres lisses sont parfois isolées, éparses, le plus souvent réunies en faisceaux.



Fig. 790. — Variétés de fibres-cellules ou fibres musculaires lisses.

1, fibre musculaire de l'intestin grêle. — 2, fibre de l'enveloppe de la rate. Sur ces deux fibres, le chiffre 2 indique le noyau. (Gross., 350 diam.) — 3 et 4, diverses fibres musculaires. (Gross. 300 diamètres.)



Fig. 791. — Fibres musculaires, bifurquées, du rectum du lapin.

On les trouve éparses, mêlées à des faisceaux de tissu conjonctif et à des fibres élastiques, dans un certain nombre de canaux excréteurs des glandes (canal de Wharton, canal cholédoque), dans la tunique moyenne des grosses artères, dans l'enveloppe et les cloisons de la rate.

Elles forment des faisceaux musculaires plus ou moins isolés, dans plusieurs régions : fibres musculaires de l'iris, muscle ciliaire,

aponévroses de l'orbite, faisceaux musculaires des ligaments larges, dartos, muscles redresseurs des poils.

Ailleurs, les fibres lisses forment de minces couches continues :



Fig. 792. — Fibres musculaires, bifurquées, de l'iris de l'homme (Moleschott).



Fig. 793. — Fibres musculaires, bifurquées, de l'utérus pendant la grossesse.

urètre, uretère, canal déférent, tunique moyenne des petites artères, couche musculaire sous-muqueuse de l'estomac et de l'intestin, couche musculaire de la portion membraneuse de la trachée, vessie.



Fig. 794. — Fibres musculaires lisses. A gauche elles forment un faisceau rubané ; à droite elles sont dissociées par les réactifs. (Grossissement.)

Dans la formation des faisceaux musculaires lisses et des membranes musculaires, les fibres lisses sont juxtaposées, de telle façon que l'extrémité d'une fibre arrive au ventre d'une autre fibre. Elles sont soudées, comme les cellules épithéliales, par un *ciment interstitiel*, que la solution de nitrate d'argent colore en noir, comme il colore le ciment intercellulaire des épithéliums. Souvent un certain nombre de fibres lisses, cimentées de la manière que je viens d'indiquer, forment un faisceau, *faisceau primitif*, plus ou moins volumineux, entouré d'une enveloppe de tissu conjonctif. Cette enveloppe se fait remarquer par l'extrême

abondance des fibres élastiques et l'absence presque complète de cellules graisseuses.

Il arrive parfois que les éléments élastiques sont condensés aux extrémités du faisceau de manière à former un tendon d'insertion élastique, comme l'a montré Kölliker pour les faisceaux musculaires de la portion membraneuse de la trachée.

Dans l'intestin, les faisceaux primitifs n'ont pas de tendons; la fibre lisse, pour sa contraction, s'appuie sur le ciment interstitiel, lequel s'appuie, à son tour, sur le tissu fibreux sous-jacent.



Fig. 795. — Coupe transversale d'un faisceau de fibres lisses de l'intestin du chien. (Gr. 320 d'après Ranvier).

c, coupe de la fibre.
n, noyaux.

Dans les cas où les fibres lisses forment des masses musculaires volumineuses, les faisceaux s'associent et s'insèrent sur le tissu conjonctif qui les sépare les uns des autres, comme on le voit dans le gésier des oiseaux et le tissu de l'utérus.

Accroissement et multiplication des fibres lisses. — Les fibres lisses très jeunes n'ont pas encore de fibrilles contractiles. Celles-ci se développent un peu plus tard. Elles peuvent se multiplier par karyokinèse ; les pertes de substance des masses musculaires lisses se réparent rapidement par la multiplication des cellules situées sur les bords de la plaie (Sœfitzner, Stelling).

2° *Eléments accessoires du tissu musculaire lisse.*

Tissu conjonctif. — Ainsi que nous venons de le voir, un tissu conjonctif lâche et très délié entoure les faisceaux de fibres lisses (faisceaux secondaires). Dans les régions où il existe une couche régulière de fibres musculaires, comme à l'intestin ou à l'estomac, le tissu conjonctif forme une couche qui unit la tunique musculaire aux couches voisines.

Vaisseaux. — Les fibres lisses isolées se nourrissent par imbibition aux dépens des vaisseaux voisins, et n'ont pas de vaisseaux propres ; mais dans les points où le tissu musculaire lisse forme des membranes ou des masses contractiles volumineuses, les vaisseaux sanguins affectent une disposition spéciale. Ils se ramifient dans les cloisons du tissu conjonctif, et leurs capillaires forment un réseau à mailles rectangulaires allongées dans le sens de la direction des vaisseaux, comme dans la figure 796.

Nerfs. — Les nerfs ont été étudiés en 1867 par Trinchèse, qui supposait que la fibre nerveuse allait jusqu'au noyau ; en 1870 par

Hénocque, qui faisait terminer les fibrilles nerveuses, par un petit *bouton*, dans le protoplasma de la fibre, sans aucun rapport avec le noyau et, en 1880 par Ranvier. Les recherches de Ranvier peuvent être considérées comme définitives, car elles ont été confirmées récemment par plusieurs savants, au moyen des méthodes de Golgi (chromate d'argent) et d'Ehrlich (bleu de méthylène).

Prenant pour sujet les sangsues, chez lesquelles l'étude est plus facile parce que les fibres lisses des culs-de-sac gastriques sont longues et espacées, Ranvier, après action du chlorure d'or, a constaté que les fibres nerveuses se terminent, sans se ramifier, à la surface des fibres lisses, sans les pénétrer, par un petit renflement qu'il a appelé *bouton terminal*.



Fig. 796. — Réseau vasculaire du tissu musculaire lisse (d'après Kölliker).

Avant de fournir ces fibres terminales, les nerfs s'anastomosent pour former des plexus autour des faisceaux de fibres. Ces plexus, étudiés par G. Arnold, dans l'iris, par His, dans la vessie, par Auerbach, dans l'intestin, et par Lehmann, dans les vaisseaux, sont formés par des fibres minces, de 2 μ de diamètre, qui présentent des ganglions à leurs points d'anastomose.

D'après His et Klebs, il y aurait lieu de distinguer dans ces plexus trois parties : 1° un *plexus fondamental*, situé à la périphérie des faisceaux musculaires; 2° un *plexus intra-musculaire;* 3° un *plexus terminal* extrêmement fin, qui fournit probablement des *taches motrices* (évidemment analogues aux boutons terminaux de Ranvier), aux fibres-cellules contractiles (Löwit).

Fonctions des fibres lisses.

La *contraction* du tissu musculaire lisse présente des caractères particuliers. La volonté n'a aucune action sur elle; elle peut se produire chez les sujets atteints de paralysies dépendantes du système nerveux cérébro-spinal et pendant le sommeil anesthésique. Elle est gouvernée, d'une façon générale, par le nerf grand sympathique, qui préside spécialement aux fonctions organiques, sauf les exceptions signalées plus haut.

Lorsqu'on soumet les fibres lisses à l'action d'un excitant, il se produit des *contractions vermiculaires*. Ces contractions sont

très lentes à s'établir, mais aussi elles sont lentes à s'éteindre, après que l'excitant a exercé son action.

Quoique la volonté n'ait point d'influence sur les contractions du tissu lisse, il y a néanmoins quelques organes formés de tissu lisse, et qui sont en partie soumis à la volonté : le rectum et la vessie, par exemple. Ces organes creux sont animés par le grand sympathique, complètement soustrait à l'empire de la volonté ; mais ils reçoivent aussi quelques branches des nerfs sacrés, par l'intermédiaire desquels la volonté agit sur eux.

Voici une preuve de la lenteur des contractions des fibres lisses. L'homme urine, s'il le veut, et cependant, au moment où la volonté intervient dans l'acte de la miction, il se passe un certain temps entre le moment où il a voulu et celui où le premier jet d'urine s'élance ; si la vessie n'obéit pas instantanément à sa volonté, c'est que ses éléments contractiles, étant lisses, se contractent très lentement.



Fig. 797. — Terminaison des nerfs en boutons terminaux dans les fibres musculaires des culs-de-sac de l'estomac de la sangsue, d'après Gscheidlen.

a, a, fibres musculaires. — *b, b*, noyaux des fibres musculaires. — *c*, nerf. — *d*, renflement en bouton de la fibre nerveuse à la surface de la fibre lisse.

On peut, ainsi que l'a fait Ranvier, constater *de visu* la contraction des fibres lisses sur le mésentère des batraciens et sur les vaisseaux de la membrane péri-œsophagienne de la grenouille. On voit les fibres musculaires du mésentère se raccourcir et augmenter en épaisseur. Si l'on soumet à l'excitation électrique la membrane péri-œsophagienne de la grenouille vivante, on voit les fibres lisses des artérioles se contracter de manière à faire disparaître complètement la lumière du vaisseau (Acad. des Sc., 1893).

Les fibres lisses sont presque constamment accompagnées de fibres élastiques, chargées de ramener le tissu à sa forme primitive, après sa contraction.

Les lésions du tissu musculaire lisse ont été peu étudiées.

Ce tissu concourt à la constitution des *corps fibreux* de l'utérus.

Ses fibres peuvent subir la *dégénérescence graisseuse*. Cette altération s'observe sur les artères, dans le développement des plaques athéromateuses et stéatomateuses. Ces dépôts graisseux déterminent l'atrophie des éléments élastique et musculaire ; la

paroi artérielle perd ainsi sa résistance et son élasticité, et, sous l'influence de la tension sanguine, la tunique externe de l'artère est soulevée et forme le sac d'un anévrysme (voy. *Artères*).

On observe quelquefois des *paralysies* du tissu musculaire de la vie organique. Elles siègent surtout sur le rectum et sur la vessie ; on les rencontre également dans les parois de l'intestin. Cette paralysie des fibres intestinales est plus ou moins marquée dans la péritonite : elle est la cause de la tympanite qu'on observe dans cette maladie, parce que les fibres musculaires, ayant perdu leur tonicité, ne peuvent plus s'opposer à la distension des parois intestinales. Chez les hystériques, il existe quelquefois des portions isolées du tube digestif qui sont atteintes de paralysie. Dans ces *paralysies hystériques locales*, des gaz développent extraordinairement l'intestin dans le point paralysé, où ils peuvent constituer des tumeurs gazeuses qui persistent quelquefois pendant des années entières, et qui, d'autres fois, sont passagères. On les appelle *tumeurs hystériques*.

ARTICLE II

TISSU MUSCULAIRE A FIBRES STRIÉES

Préparation. — Pour étudier la fibre musculaire, on peut se contenter de placer sous le champ du microscope un faisceau pris sur un animal vivant, une grenouille, par exemple ; on y constatera les stries qui en constituent le caractère principal. Les stries sont beaucoup plus apparentes lorsqu'on examine des fragments musculaires d'animaux supérieurs, et mieux encore d'un supplicié après la décapitation. On peut observer très facilement les fibres musculaires en dissociant les muscles des pattes de l'hydrophile.

Pour conserver pendant plusieurs semaines des pièces pouvant servir à l'étude du tissu musculaire, on recueille des fragments de muscles frais dans l'alcool au 1/3, qui a l'avantage de faciliter les dissociations ; on peut encore se servir d'une solution d'acide osmique à 1/100, dans laquelle on fait séjourner pendant quelques heures la pièce à examiner ; on la fait ensuite dégorger dans l'eau pendant vingt-quatre ou quarante-huit heures, et elle peut dès lors être conservée indéfiniment dans l'alcool.

C'est à l'état d'extension qu'il faut dissocier les muscles pour pouvoir étudier tous les détails de leur structure. S'il s'agit des muscles de l'hydrophile, il suffit de briser avec des ciseaux, le tissu résistant qui entoure les pattes ; par cette ouverture pénètre le liquide fixateur, qui agit sur les muscles naturellement tendus. S'agit-il, au contraire, d'un muscle d'homme ou de mammifère, il faut fixer sur un petit morceau de bois le faisceau musculaire par de fines ligatures, en ayant soin de le tendre et de le fixer dans cet état par le réactif.

La dissociation des fibres est plus facile lorsqu'on les prend sur le cadavre en état de rigidité, ou après une légère action de deux ou trois minutes, ou après l'immersion dans l'eau acidulée avec l'acide azotique.

Les vaisseaux ne se voient bien qu'après des injections vasculaires. Quant au myolemme et à ses noyaux, c'est encore le picro-carmin qui les met le mieux en évidence.

Structure.

Lorsqu'on examine *à l'œil nu* la partie charnue d'un muscle, on voit, à sa surface, des filaments parallèles au grand axe du muscle, ou tombant un peu obliquement sur lui. Ces filaments, désignés sous le nom de *fibres musculaires* par les anatomistes, sont des faisceaux de fibres dont la longueur égale souvent celle du muscle, et dont on ne peut étudier la structure qu'avec le secours du microscope. Si l'on coupe un muscle en travers, la surface de la coupe montre la section de ces mêmes faisceaux séparés par des espaces linéaires remplis de tissu conjonctif.

(J'attire spécialement l'attention du lecteur sur cette distinction du tissu du muscle à l'œil nu et au microscope, et aussi sur l'expression *faisceau :* le faisceau dont il est question ici est le faisceau secondaire ; il se compose de faisceaux primitifs, visibles seulement au microscope.)

Le tissu musculaire est composé : 1° d'un *élément fondamental*, la fibre musculaire ; 2° d'*éléments accessoires*, tissu conjonctif, vaisseaux, nerfs.



Fig. 800. — Coupe d'un muscle, figure schématique.

Enveloppe conjonctive du muscle, ou périmysium externe, — 2, 2, cloisons principales du périmysium externe. — 3, 4, cloisons plus minces constituant le périmysium interne. — 5, faisceaux secondaires du muscle.

§ 1. — ÉLÉMENT FONDAMENTAL. FIBRE MUSCULAIRE

Nous devons étudier : 1° les *faisceaux secondaires* du tissu musculaire, contenant les *fibres musculaires* ou *faisceaux primitifs*, composés eux-mêmes de *fibrilles ;* 2° le *tissu conjonctif*

qui sépare les faisceaux secondaires et qui forme une gaine au muscle ; 3° les *vaisseaux ;* 4° les *nerfs.*

1° Faisceaux secondaires des muscles. — Les faisceaux secondaires, c'est-à-dire les fibres qu'on peut suivre à l'œil sur un muscle, et qui en occupent souvent toute la longueur, offrent une épaisseur qui varie depuis 300 μ jusqu'à un millimètre. Ils sont entourés par les cloisons les plus déliées du tissu conjonctif, ou *périmysium interne* (fig. 800), ce dont on peut se rendre compte en examinant directement la surface de la section de la partie charnue d'un muscle. Les éléments du tissu conjonctif ne pénètrent jamais au centre du faisceau secondaire, qui se compose uniquement de *fibres musculaires* microscopiques, ou *faisceaux primitifs,* serrées les unes contre les autres et laissant passer entre elles les vaisseaux capillaires et les fibres nerveuses, comme on le voit dans la figure 802.

2° Fibres musculaires striées, ou faisceaux primitifs. — Le *faisceau primitif* est, je le répète, la *fibre musculaire,* que l'on



Fig. 801. — Fibre musculaire unie à une fibre nerveuse motrice et recouverte de son myolemme, d'après Kölliker.

1, gaine de Henle. — 2, myéline au moment où elle va disparaître. — 3, cylindraxe. — 4, 4, plaque terminale et ses noyaux. — 5, myolemme. — 6, noyaux de la fibre. — 7, stries transversales de la fibre.

voit seulement à l'aide du microscope. Mathias Duval emploie cette dernière expression, rejetant avec raison celle de faisceau primitif qui prête à confusion.

Les fibres musculaires sont des filaments microscopiques, dont la largeur moyenne est de 30 μ à 100 μ. (Les plus volumineux se montrent sur les membres ; ils mesurent jusqu'à 150 μ ; les plus minces, dont le diamètre descend jusqu'à 10 μ, se trouvent à la face.) Leur longueur moyenne, difficile à apprécier, serait de 3 à 4 centimètres (Kölliker, Krause, Kühne) (on en constate de 12 centimètres dans le couturier).

Elles ne sont pas cylindriques ; en se comprimant, elles deviennent anguleuses et prennent la forme de polyèdres à angles arrondis. En même temps, elles s'amincissent aux deux extré-



Fig. 802. — Rapports des fibres musculaires dans la constitution des faisceaux secondaires en fibres visibles à l'œil nu, avec leurs nerfs et leurs plaques motrices.

1, nerf terminal se ramifiant en 2 et en 3. — 4, ramifications terminales dans les fibres, 5, 5.

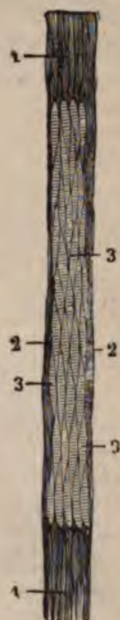


Fig. 803. — Schéma représentant un faisceau secondaire de muscles à fibres striées.

1, 1, tendons — 2, 2, périmysium interne. — 3, 3, fibres striées juxtaposées et engrenées par leurs pointes.

mités, de manière à présenter un aspect fusiforme, ainsi que l'ont démontré Herzig, Kölliker et Krause (fig. 802).

Quand on étudie au microscope une fibre, après l'avoir isolée et colorée, on constate qu'elle présente : une *rayure* ou *striation transversale* très nette ; une *rayure* ou *striation longitudinale* plus vague.

Pour se rendre bien compte de la disposition des stries, il faut les étudier sur des muscles en état de relâchement et sur des

muscles tendus; car, sur les muscles contractés, on n'a qu'une idée vague de la striation.

Les muscles tendus présentent des bandes transversales parallèles, alternativement claires et obscures. Elles sont rayées en travers. Ces raies transversales donnent au faisceau primitif, c'est-à-dire à la fibre musculaire, l'apparence d'une persienne (fig. 805).



Fig. 804. — Quatre fibres musculaires.

La *raie claire* est moins large que la *raie obscure;* aussi les désigne-t-on encore par les noms de *disque mince* et de *disque épais.* Sur les muscles non tendus et contractés, le rapport de volume des raies se renverse, et les raies obscures deviennent les plus minces; aussi il est préférable de substituer aux deux noms précédents ceux de *disque clair* et de *disque foncé* (fig. 805).

C'est sur les muscles tendus qu'on peut le mieux étudier les *raies* ou *stries.*

3° **Fibrilles**. — Chaque fibre musculaire est un faisceau de fibrilles longitudinales, entouré d'une mince pellicule ou *myolemme.* Les fibrilles sont groupées par petits faisceaux appelés *colonnettes de Leydig*, ou *colonnes musculaires.* Ce sont les intervalles très étroits, séparant les colonnes, qui déterminent dans le muscle la *rayure* ou *striation longitudinale*, dont l'étude est peu importante. Chacune des fibrilles ayant les mêmes disques clairs et foncés que la fibre, et tous les disques clairs des fibrilles étant juxtaposés, on conçoit que la fibre possède également des disques clairs et foncés alternatifs.



Fig. 805. — Fibres musculaires striées.

A, fibre musculaire à l'état de relâchement. — B, la même en contraction.

Dans certains muscles, ces stries ne se correspondent pas exactement, elles alternent, et la surface du faisceau prend un aspect ponctué, comme on le voit dans les sphincters.

Pour bien étudier la fibrille musculaire, il faut faire des préparations avec les muscles des pattes de l'hydrophile, ou encore avec un muscle de grenouille qu'on a fait macérer quelque temps dans l'acide picrique. C'est un filament d'une certaine ténuité. Sa longueur moyenne est de 3 à 4 centimètres. Son diamètre, très petit, est de 1 μ à 1 μ 1/2.

Les fibrilles, dans chaque colonnette, sont unies entre elles par

une substance interstitielle, sorte de *ciment* homogène, qui les entoure.



Fig. 806. — Une fibre musculaire dépourvue de myolemme ; les fibrilles sont déchirées en partie. (Grossissement, 250.)



Fig. 807. — Fibrilles musculaires striées, d'après Kölliker. (Grossissement, 650.)

Sarcous elements et disques de Bowman. — On voit, en examinant une fibrille (fig. 807), qu'elle est divisée en petits fragments par des lignes transversales. Tous ces fragments peuvent être séparés, en faisant séjourner les fibrilles dans l'acide chlorhydrique dilué. Bowman, en 1840, déclara que les fibrilles sont formées par la superposition de ces fragments, auxquels il donna le nom de *sarcous elements*, expression anglaise qui signifie *éléments charnus*.

Sous l'influence de certains moyens, suc gastrique, congélation, la fibre musculaire tout entière se divise en fragments discoïdes



Fig. 808. — Disques de Bowman; la désagrégation du faisceau primitif s'est faite en travers.



Fig. 809. — Quatre disques de Bowman adhérents à un noyau du sarcolemme.

formés par les éléments charnus des diverses fibrilles de la fibre entière ; ces disques sont les *disques* de Bowman. Parfois, ces disques se montrent par groupes adhérents aux noyaux situés sous le myolemme (fig. 808 et 809).

Selon Bowman, la fibre musculaire ne serait pas composée de fibrilles, mais bien d'*éléments charnus*, petits cubes soudés les uns aux autres transversalement et longitudinalement par deux ciments de nature différente. Il est vrai qu'on peut décomposer chaque fibrille en petits cubes superposés, mais la nature fibrillaire de la fibre se démontre aisément sur les muscles vivants.

Protoplasma de la fibre musculaire. — Le protoplasma, ou *sarcoplasme*, entoure chaque noyau, d'où il s'étend, en formant

de minces cloisons longitudinales entre les groupes de fibrilles ou colonnettes (voy. *Développement*).

4° Myolemme ou sarcolemme. — Le myolemme est une mince pellicule, sécrétée par le sarcoplasme et immédiatement appliquée à la surface des faisceaux primitifs. C'est une membrane délicate, mince et transparente, qui se voit bien surtout quand une rupture s'est produite au sein de la substance musculaire d'un faisceau primitif (fig. 810). Le myolemme a la forme d'un tube fermé à ses deux extrémités, tube dont la face interne est appliquée sur les fibrilles, tandis que sa face externe est en rapport avec les myolemmes voisins (fig. 810).



Fig. 810. — Myolemme (d'après Ranvier).

a, on voit la substance musculaire rétractée dans le myolemme. — *p*, espace entre la substance musculaire et le myolemme. — *p'*, noyau contre le myolemme.

Le myolemme n'est ni une substance conjonctive, ni une substance élastique; c'est une membrane amorphe analogue à la paroi d'une cellule adipeuse ou à la lame vitrée des épithéliums.

Il se laisse colorer en jaune clair par l'iode; il se dissout dans une solution de potasse à 40 p. 100.

A l'extrémité des fibres en contact avec un tendon, le myolemme s'unit intimement aux fibres tendineuses creusées d'une capsule pour le recevoir. On peut le démontrer par le procédé de Ranvier, qui, en soumettant les faisceaux primitifs à l'action de l'eau, à la température de 55°, détermine la rétraction des fibrilles qui s'écartent de l'extrémité du myolemme.

Le myolemme n'existe pas sur les fibres nouvellement formées; il n'est exhalé que tardivement par le sarcoplasme.



Fig. 811. — Fragment de fibre musculaire avec son myolemme.

Les fibres des muscles des cyclostomes n'ont pas de myolemme, et, chose curieuse, les muscles des pattes des insectes possèdent un myolemme, tandis que ceux des ailes n'en ont pas.

Champs de Cohnheim. — C'est en étudiant le groupement des fibrilles dans une même fibre qu'on se rend compte des *colonnettes musculaires* de Leydig et des *champs de Cohnheim*. Nous avons vu que les fibres grosses contiennent jusqu'à 2000 fibrilles. Elles

se groupent et forment, à l'intérieur d'une même gaine sarcolemmique, plusieurs petits fascicules séparés par de la substance interstitielle. C'est à ces faisceaux que Leydig a donné le nom de *colonnettes musculaires*. On remarque quelques fibrilles qui se détachent d'une colonne pour se jeter sur les colonnes voisines, de la même manière que certains filaments unissent les faisceaux primitifs des nerfs. Il est facile de se représenter l'aspect de la coupe transversale d'un faisceau primitif. A la périphérie, on verra une circonférence formée par la coupe du sarcolemme ; chaque colonnette coupée montrera sous le champ du microscope une surface égale à l'épaisseur de la colonne, et la substance interstitielle ou intercolonnaire sera représentée par des lignes qui sépareront les surfaces coupées. Ce sont les surfaces homogènes, représentant la section des colonnes musculaires, et non celle des fibrilles, qui constituent les *champs de Cohnheim*.

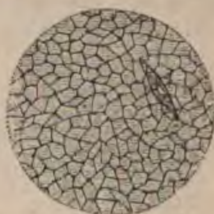


Fig. 812. — Champs de Cohnheim. Le faisceau est limité par le myolemme. La limite extérieure de la figure est le myolemme. Les surfaces grises indiquent la coupe des colonnettes, les lignes noires sont formées par la substance interstitielle limitant les champs de Cohnheim. Le corpuscule fusiforme est un noyau situé entre les fibrilles.

L'ensemble des champs de Cohnheim forme donc une belle mosaïque, dont les espaces polygonaux sont séparés par des lignes étroites de substance interstitielle (fig. 812).

Noyaux de la fibre musculaire. — Chaque fibre musculaire, ou faisceau primitif, renferme une grande quantité de noyaux elliptiques et aplatis, si bien appliqués contre la face interne du myolemme qu'on les décrit quelquefois sous le nom de *noyaux du myolemme*. On les nomme *noyaux marginaux*, en raison de leur situation superficielle dans le faisceau primitif. Dans chaque noyau il existe un filament unique de chromatine, très net, enroulé en spirale.

Chez la grenouille, on constate des *noyaux disséminés* entre les *colonnettes de Leydig*, *noyaux épars*.

Sur le fœtus, ce sont des *noyaux axiaux*, de même que chez les invertébrés. Les noyaux occupent l'axe du faisceau primitif, entouré d'une couche de protoplasma granuleux.

Tous ces noyaux, qu'ils soient marginaux, axiaux ou épars, sont entourés d'une couche mince de protoplasma.

Ciment intra-fasciculaire. — Dans chaque colonnette de Ley-

dig, les fibrilles sont unies par une substance homogène, transparente, formée d'un protoplasma non granuleux. Entre les colonnettes, on trouve des cloisons longitudinales de *protoplasma granuleux* ou *sarcoplasme*, se continuant avec le protoplasma axial qui entoure les noyaux marginaux du faisceau primitif.

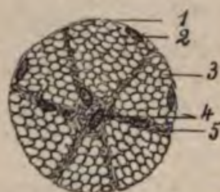


Fig. 813. — Coupe d'une fibre musculaire.

1, myolemme. — 2, noyaux marginal de la fibre. — 3, fibrille. — 4, noyau axial dans le protoplasma ou sarcoplasme. — 5, cloison du sarcoplasme et noyaux épars.

L'union du muscle au tendon se fait par contact direct entre le myolemme et la fibre tendineuse. Ranvier a démontré qu'on trouve, du côté du tendon, une cavité cupuliforme destinée à recevoir l'extrémité arrondie de la fibre musculaire. Cette union du muscle et du tendon se ferait au moyen de deux ciments : l'un, se détruisant facilement par la coction, réunirait l'extrémité de la fibre musculaire et la cupule tendineuse ; l'autre, beaucoup plus puissant et plus résistant, unirait le sarcolemme et le tissu conjonctif péritendineux.

Le périmysium interne du muscle se continue directement avec le tissu conjonctif qui sépare les faisceaux des fibres du tendon.

Rayures ou stries des fibres striées. — J'ai dit que, généralement, les stries claires et foncées des fibrilles se juxtaposent de telle sorte que la fibre musculaire, faisceau primitif, présente les mêmes stries que les fibrilles.

C'est dans l'étude de ces stries que réside tout l'intérêt de la structure du muscle et de la contraction.



Fig. 814.

Depuis que les anatomistes se servent du microscope, on a remarqué les stries *claires* et *sombres* des muscles. Les réactifs colorants colorent vivement les raies sombres, et peu ou point les raies claires.

Les raies ou stries, apparentes sous forme de lignes, existent dans toute l'épaisseur de la fibre musculaire. Ce sont donc des disques.

Les *disques sombres* sont très réfringents, ils ont la biréfrin-

composée d'un disque sombre et d'un disque clair divisés chacun par des disques plus minces. La case musculaire se compose donc de six disques : 1° d'un disque clair ; 2° d'un disque sombre mince (strie d'Amici) ; 3° d'un autre disque clair ; 4° d'un disque sombre ; 5° d'un disque clair mince (strie de Hensen) ; 6° d'un disque sombre : total, six disques.

Si l'on tient compte des deux disques clairs et des trois disques épais trouvés sur les muscles des pattes de l'hydrophile, la case musculaire sera composée de huit disques, en série linéaire, au lieu de six.

Développement des fibres musculaires striées. — Les muscles striés viennent tous des *prévertèbres*. Nous avons vu, en étudiant

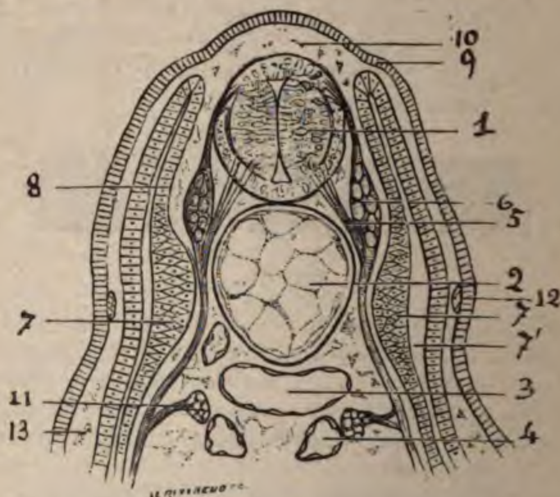


Fig. 818. — Coupe transversale d'un embryon du Scyllium pour montrer le développement des lames musculaires (d'après Balfour).

1, névraxe. — 2, corde dorsale. — 3, aorte. — 4, veines cardinales. — 5, racines antérieures des nerfs rachidiens. — 6, ganglion rachidien sur le trajet des racines postérieures. — 7, 7, lames musculaires. — 7', cavité viscérale, ou pleuro-péritonéale. — 8, continuité de la lame musculaire et de la paroi de la cavité viscérale. — 9, ectoderme. — 10, 13, mésoderme. — 11, rudiment du nerf sympathique, né d'un bourgeonnement des nerfs rachidiens.

l'embryologie, que les prévertèbres se forment, dès le second jour de l'incubation, chez le poulet, aux dépens de la portion du mésoderme axial située le long du tube neural.

Les cellules qui doivent donner naissance aux fibres musculaires portent le nom de *myoblastes*. Les premiers myoblastes dérivent de la partie dorsale, ou corticale, des prévertèbres. Ils forment les *lames musculaires*. De là, par multiplications successives, les

myoblastes ou cellules musculaires se répandent dans la somatopleure, puis dans les bourgeons des membres, pour donner naissance aux muscles striés.

Chaque fibre musculaire, ou faisceau primitif, prend naissance aux dépens d'une seule cellule, c'est-à-dire d'un seul myoblaste, et elle n'est pas le résultat de plusieurs cellules placées bout à bout, comme l'avait cru Schwann. C'est Kölliker qui a démontré la transformation d'une seule cellule en une fibre musculaire, dont le noyau se multiplie, de sorte que tous les noyaux contenus dans un myolemme, sauf les noyaux de la plaque terminale, résultent de la multiplication du noyau du myoblaste primitif. Le sarcoplasme, ou protoplasma du myoblaste, commence à se transformer vers le milieu du deuxième mois de la vie fœtale, chez l'homme (selon Kölliker). Les modifications du sarcoplasme consistent dans la formation de la substance musculaire à sa surface, pendant qu'il s'allonge et prend l'aspect fusiforme.

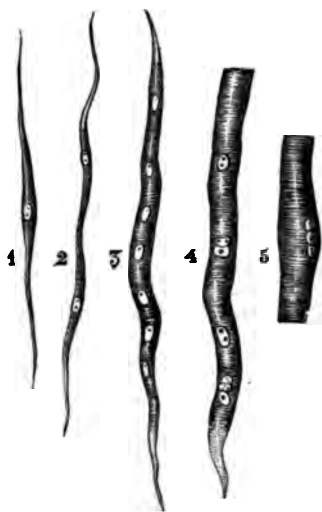


Fig. 819. — Développement des fibres musculaires striées.

1, cellule fusiforme se transformant en fibre musculaire. — 2, deux cellules fusiformes se réunissant par une extrémité pour donner naissance à une fibre musculaire. — 3, fibre plus âgée, avec de nombreux noyaux, offrant une plus grande épaisseur. — 4, fibre encore plus âgée avec des noyaux. — 5, portion de fibre plus développée, avec noyaux groupés au-dessous du sarcolemme. Les noyaux sont le vestige des cellules primitives.

Vers le quatrième mois, la fibre musculaire a la forme d'un tube, dont la paroi est constituée par des fibrilles striées, et dont le centre est occupé par le reste du sarcoplasme, avec ses noyaux, non transformé en substance musculaire. Selon Harting, les fibres de l'adulte et celles du fœtus ont la même largeur.

Aussitôt formées, les fibrilles musculaires se groupent par faisceaux, *colonnettes de Leydig*, entre lesquels le sarcoplasme axial envoie des cloisons protoplasmiques intercolonnaires. Le *ciment interfibrillaire*, dont j'ai parlé dans l'étude de la structure du tissu musculaire, et qui unit les fibrilles entre elles, est indépendant du sarcoplasme, et probablement un produit d'exhalation des fibrilles. Le ciment interfibrillaire est différent du ciment qui sépare les fibres.

Selon les espèces animales, les noyaux de la fibre musculaire, issus du myoblaste, occupent une situation différente. Chez l'homme, ils sont situés sous le myolemme, *noyaux marginaux*; chez certaines espèces, les noyaux occupent l'axe de la fibre, avec le sarcoplasme, *noyaux axiaux;* chez d'autres enfin, ils sont répandus dans les cloisons intercolonnaires du sarcoplasme, *noyaux épars*.

Chez les vertébrés, le myolemme se développe tardivement, vers le cinquième ou le sixième mois, alors que la fibre musculaire est complètement constituée. C'est un produit direct de la fibre musculaire.

Composition chimique de la fibre musculaire striée. — Les fibres musculaires ne pouvant être isolées des éléments accessoires du tissu musculaire, il n'est pas possible d'en faire l'analyse exacte au point de vue chimique. Cependant nous possédons des données intéressantes sur ce tissu.

On obtient, par exemple, du *suc musculaire*, ou *myoplasma*, en broyant la substance des muscles, refroidie au-dessous de 0, et en l'exprimant au moyen d'une presse. Le myoplasma se coagule, comme le sang, en formant un *caillot*. La partie coagulée s'appelle *fibrine musculaire*, *musculine* ou *myosine*. Le liquide dans lequel nage le caillot est le *sérum musculaire*.

La *rigidité cadavérique,* qui survient pendant le refroidissement d'un cadavre, est due à la coagulation de cette substance.

La *couleur* de la fibre musculaire est due à l'*hémoglobine*, substance identique à celle des globules rouges du sang. Cette substance est bien partie intégrante de la fibre musculaire, et n'est pas due au sang contenu dans le muscle, attendu que l'hémoglobine persiste, lorsqu'on a complètement lavé par une injection les vaisseaux contenus dans le muscle.

L'hémoglobine du muscle a pour rôle, comme celle du sang, de se charger d'oxygène ; mais, tandis que le globule transporte l'oxygène aux tissus, le muscle le consomme sur place. Il le consomme surtout pendant la contraction musculaire.

A l'état de repos, le muscle, comme tous les autres tissus, a une réaction alcaline neutre. Pendant la contraction, si elle est soutenue et énergique, le muscle perd de son alcalinité, et tend à devenir acide, par la formation de l'*acide sarcolactique* et du *phosphate acide de potasse.*

Plus un muscle est riche en hémoglobine, plus il est rouge et plus il est capable d'une contraction énergique prolongée.

Lorsque la mort frappe un vertébré pendant une fatigue excessive, la rigidité cadavérique survient très rapidement, témoin la

rigidité presque instantanée observée sur un lièvre qui a été forcé, ainsi que sur les soldats surmenés et tués sur le champ de bataille.

Variétés de muscles striés. — La figure 820 montre que les fibres musculaires ne sont pas les mêmes chez tous les animaux. On voit que dans la figure de gauche et dans celle de droite, les noyaux sont *épars*, tandis qu'ils sont *marginaux* dans la figure du milieu.



Fig. 820. — Coupes transversales de diverses fibres musculaires striées (d'après Ranvier).

1, du couturier de la grenouille. — 2, du grand adducteur du lapin. — 3, du demi-tendineux du lapin.

Muscles rouges et muscles pâles. — En 1873, Ranvier découvrit que tous les muscles n'ont pas la même couleur chez le lapin. Les uns sont rouges : petit adducteur, crural, soléaire, demi-tendineux, etc.; les autres sont pâles, comme les jumeaux, le grand adducteur, etc. Les *muscles pâles* se contractent brusquement et se relâchent également brusquement ; les *muscles rouges* se contractent moins rapidement et se relâchent plus lentement.

La striation est plus fine dans les muscles pâles et plus nette, et les noyaux sont *marginaux*. Dans les muscles rouges, les fibrilles sont plus épaisses, avec protoplasma plus abondant. La striation longitudinale est plus apparente et les noyaux sont épars. Ainsi que le fait remarquer Mathias Duval, il serait logique, étant donné que les muscles rouges et les muscles pâles existent chez tous les vertébrés, et que leur différence de coloration n'est pas très marquée, de désigner ces muscles sous le nom de *muscles à noyaux épars et riches en sarcoplasma*, et de *muscles à noyaux marginaux et pauvres en sarcoplasma*.

Phénomène de la contraction. — De nombreuses hypothèses ont été émises pour expliquer de quelle manière se fait la contraction des muscles. Je commencerai par la théorie française, *théorie de Ranvier*, qui est aujourd'hui la plus généralement adoptée.

Théorie de Ranvier. — Les *disques sombres* sont seuls doués de la propriété de la *contraction*, les *disques clairs* sont purement *élastiques*. Pendant la contraction, les disques sombres ou épais se raccourcissent et allongent légèrement les disques clairs. Après la contraction, les disques clairs, par leur élasticité, donnent aux disques épais, contractés et raccourcis, leurs dimensions premières.

Pendant la contraction, le disque épais, sombre, change de volume. Il diminue en tous sens. En se contractant, il concentre sa propre substance et rejette au dehors le liquide qu'il contient et qui s'accumule momentanément à la périphérie du disque. Au moment où le disque reprend sa forme primitive, sa substance s'imbibe de nouveau du liquide exsudé.

Le rôle du disque mince, *strie d'Amici*, n'est pas très connu. Ce disque mince paraît étranger au phénomène de la contraction; ses réactions chimiques du reste sont différentes de celles du disque sombre épais. On considère généralement les disques sombres minces comme de *simples pièces de charpente*. Ce sont deux stries d'Amici qui limitent la case musculaire de Krause.

L'étude des diverses théories émises pour expliquer la contraction musculaire offre peu d'intérêt.

Rouget (1863) comparaît la fibre musculaire à un ressort en spirale, distendu à l'état de repos, et resserré à l'état de contraction.

Brucke expliquait la contraction par un raccourcissement et un élargissement des disques épais ou sombres.

Merkel pensait que la substance des disques clairs venait s'accumuler dans la strie de Hensen qui se trouvait ainsi augmentée; les disques épais prenaient la place des disques minces. On donne à cette théorie, qui n'explique rien, le nom de *théorie de l'inversion*.

Engelmann croyait que les disques épais absorbent le liquide des disques clairs, d'où amincissement de ces derniers. Les disques épais, imbibés de ce liquide, se gonflent et deviennent plus larges, en même temps que plus minces.

Krause dit que les disques clairs sont liquides et les disques sombres solides. Pendant la contraction, le liquide des disques clairs se porterait sur les côtés d'où épaississement du muscle et raccourcissement. La contraction consisterait donc uniquement en un déplacement du liquide. Les parties claires entreraient seules en action.

§ 2. — ÉLÉMENTS ACCESSOIRES

1° Tissu conjonctif. — Le tissu conjonctif qui entoure le muscle constitue le *périmysium externe*, autrement dit la *gaine musculaire*, ou l'*aponévrose d'enveloppe* du muscle. Continu à la gaine des tendons, le périmysium est formé par du tissu conjonctif condensé, entre les éléments duquel il existe de nombreuses fibres élastiques fines, quelques-unes isolées, la plupart anastomosées,

et quelques vésicules graisseuses. Les cloisons, parties de la face interne de l'enveloppe commune, et s'insinuant entre les faisceaux musculaires en s'amincissant de plus en plus, forment le *périmysium interne* (fig. 800). Le tissu conjonctif qui le constitue est moins riche en fibres élastiques et ne présente que quelques cellules adipeuses. Les cloisons les plus déliées de tissu conjonctif entourent les faisceaux secondaires, c'est-à-dire les fibres qu'on voit à l'œil nu, sous forme de filaments ayant la même longueur que le muscle.

On ne trouve, entre les fibres musculaires ou faisceaux primitifs que quelques faisceaux de tissu conjonctif avec des cellules fixes, mais sans fibres élastiques, ni vésicules graisseuses.



Fig. 821. — Tissu conjonctif des muscles.

1, gaine du muscle, périmysium externe. — 2, 2, cloisons intérieures, — 4, 4, 5, faisceaux secondaires entourés du périmysium interne.

2° Vaisseaux. — Les *artères* pénètrent dans les muscles, le plus souvent obliquement, et se ramifient dans les cloisons qui séparent les gros faisceaux musculaires ; des divisions plus fines cheminent dans les cloisons plus minces ; enfin, les capillaires, qui font suite à ces divisions, entourent les faisceaux secondaires et s'introduisent dans leur épaisseur, pour former un réseau très riche entre les faisceaux primitifs.

Les vaisseaux *capillaires* ne pénètrent jamais dans l'épaisseur du faisceau primitif; ils ne traversent pas le myolemme, d'où il faut conclure que les fibrilles se nourrissent par imbibition. Le réseau capillaire présente un aspect caractéristique : il forme, autour des faisceaux primitifs, des mailles rectangulaires un peu allongées dans le sens des faisceaux, de sorte que les capillaires longitudinaux sont parallèles aux faisceaux, tandis que les capillaires transversaux croisent leur direction pour s'anastomoser avec les capillaires longitudinaux voisins. Ces capillaires sont les plus fins du corps ; ils sont quelquefois plus petits que les globules sanguins, et peuvent ne présenter que 5 à 6 μ de diamètre. Les capillaires transversaux présentent des dilatations ampulliformes, correspondant à des veinules.

Les *veines*, nées des capillaires, cheminent, comme les artères, entre les gros faisceaux musculaires ; elles sont au nombre de deux pour chaque artère, excepté pour les muscles de la tête, où une seule veine correspond à une artère. Les veines musculaires

contiennent un nombre considérable de valvules, dont le nombre diminue dès que le vaisseau abandonne le muscle.

Les *lymphatiques* existent dans les muscles : on les voit accompagner les vaisseaux sanguins volumineux destinés à ces organes. Ils peuvent être suivis entre les principaux faisceaux musculaires, mais non au delà. Par analogie avec ce qui se passe pour les capillaires sanguins et dans quelques autres tissus, Sappey suppose qu'ils naissent entre les faisceaux primitifs ; mais personne jus-



Fig. 822. — Fibre musculaire striée, considérablement grossie, avec le nerf moteur qui s'y termine (d'après Rouget).

1, 1, 1, gaine de Henle en continuité avec le myolemme. — 2, noyau de la gaine de Henle. — 3, myéline. — 4, cylindraxe recouvert par la gaine de Schwann. — 5, 5, noyaux marginaux de la plaque terminale du nerf moteur ; les noyaux de l'arborisation et les noyaux fondamentaux sont plus profonds. — 6, 6, noyaux marginaux de la fibre musculaire. — 7, 7, ramifications de cylindraxe recouvertes par la gaine de Schwann.

qu'à présent n'a pu le constater. Cet anatomiste les a injectés à la sortie des muscles grand fessier, grand adducteur, grand pectoral, sur le cœur et jusque dans les interstices musculaires du diaphragme. Kölliker pense qu'ils sont rares dans le muscle proprement dit, et qu'une certaine quantité d'entre ceux qu'on voit sortir des muscles viennent probablement du périmysium. Son opinion est d'autant plus probable qu'il est généralement admis que le système lymphatique prend son origine dans les interstices du tissu conjonctif par un réseau capillaire entremêlé avec le réseau capillaire sanguin.

3° **Nerfs**. — Les muscles renferment des nerfs sympathiques, des nerfs sensitifs et des nerfs moteurs.

Nerfs sympathiques. — Ils pénètrent dans le muscle avec les artères qu'ils accompagnent et se terminent dans les fibres lisses des artères. (Voy. *Terminaison des nerfs dans les muscles lisses.*)

Nerfs sensitifs. — Les muscles reçoivent des nerfs de sensibilité. Ils pénètrent dans l'épaisseur du muscle et se ramifient dans les cloisons du périmysium interne, où ils se réduisent à des arbori-



Fig. 823. — Terminaison des nerfs moteurs dans les muscles striés. (Dessin de Ch. Robin.)

a, b, faisceaux de fibres nerveuses avec la myéline et la gaine de Schwann. — *c, d, e*, plaques motrices avec leurs noyaux. — *f*, fibre nerveuse isolée se dirigeant vers une plaque motrice. — *h, i*, noyaux des fibres musculaires.

sations du cylindraxe, qui se terminent par des extrémités libres.

Le filament nerveux qui va se ramifier perd d'abord sa gaine de Henle, puis son enveloppe de myéline. Il est réduit alors à sa gaine de Schwann, qui disparaît au moment où la fibre nerveuse forme les arborisations du cylindraxe nu. Les fibrilles résultant de cette arborisation se terminent par des extrémités libres dans les cloisons les plus minces du périmysium interne entre les faisceaux secondaires. Elles ne pénètrent jamais dans le myolemme, mais quelques-unes s'insinuent parfois entre deux fibres musculaires.

Nerfs moteurs. — Les *nerfs moteurs* pénètrent dans les muscles, vers leur moitié supérieure, à des hauteurs variables, en formant avec l'axe du muscle un angle aigu à ouverture dirigée en

haut. Ils sont d'autant plus nombreux que les contractions musculaires doivent être plus précises et plus fréquentes ; aussi voit-on les muscles de la langue, et surtout ceux de l'œil, pourvus d'un nombre considérable de nerfs, si on les compare aux muscles des membres qui en reçoivent relativement une fort petite quantité. Une fois qu'ils ont pénétré dans le muscle, les nerfs se divisent dans l'épaisseur des cloisons du tissu conjonctif où ils forment un plexus, pour se terminer ensuite sur les éléments musculaires proprement dits.

Vésale avait remarqué que le volume d'un muscle n'est jamais en raison du nombre de nerfs qu'il reçoit, d'où il conclut que la



Fig. 824. — Tube nerveux se terminant dans le faisceau primitif, au-dessous du myolemme, d'après Rouget.

1, gaine de Henle. — 2, myéline disparaissant au moment où le tube s'amincit. — 3, noyaux de la gaine de Henle. — 4, cylindraxe recouvert de la gaine de Schwann. — 5, noyaux de la plaque terminale. — 6, myolemme. — 7, noyaux de la fibre musculaire.

fibre musculaire n'est pas nerveuse et que seule elle est douée de la faculté de se mouvoir. Colombus, ayant suivi les filets nerveux jusque dans la fibre musculaire, considéra cette dernière comme une continuation de la fibre nerveuse. (Cruveilhier, *Hist. de l'anat.*, 3ᵉ édition, p. LIV.) On sait aujourd'hui que la terminaison des nerfs moteurs se fait, au niveau des fibres musculaires, par un petit renflement variable selon les espèces animales.

Éminence de Doyère. — En 1840, Doyère constata, sur les tardigrades, la présence d'une saillie, à la surface de la fibre musculaire, au point de terminaison de la fibre nerveuse, saillie formée d'une substance granuleuse.

Plaque motrice. — Rouget, en 1862, fit ces observations sur les muscles du lézard, et constata une *plaque terminale* ou *plaque motrice*, au niveau du point de contact de la fibre nerveuse terminale et de la fibre musculaire. La plaque motrice, formée de substance granuleuse et de noyaux, était située, selon Rouget,

au-dessous du myolemme, à la surface des fibrilles de la substance musculaire.

Buissons terminaux. — Plusieurs micrographes allemands prétendirent que la plaque motrice repose sur le myolemme (Krause, Kölliker), et Gerlach nia son existence. Mais tous admettaient les arborisations du cylindraxe, auxquelles Kühne donna le nom de *buissons terminaux.* Pour Ranvier, qui a étudié la terminaison des nerfs moteurs, avec une technique spéciale, assez compliquée, l'éminence de Doyère et le buisson terminal de Kühne sont deux variantes de la plaque terminale de Rouget.



Fig. 825. — Tube nerveux se terminant sur le faisceau primitif, à la surface externe du myolemme, d'après Kölliker.

1, gaine de Henle. — 2, myéline au moment où elle va disparaître. — 3, cylindraxe. — 4, 4, plaque terminale et ses noyaux — 5, myolemme. — 6, noyau du myolemme. — 7, stries de la fibre musculaire.

La *substance de la plaque terminale* de Rouget est une matière granuleuse, véritable amas de sarcoplasme, ou protoplasma musculaire, remplie de noyaux musculaires, dans laquelle se ramifie le nerf. Celui-ci, au moment où il atteint le myolemme, est dépourvu de myéline, et il est réduit au cylindraxe, entouré de sa gaine de Schwann et de sa gaine de Henle. On voit la gaîne de Henle s'étaler à la surface de la plaque terminale, pour se confondre, tout autour, avec le myolemme. Le cylindraxe, pourvu de la gaine de Schwann, arrive au contact des fibrilles contractiles, après s'être ramifié dans la plaque de substance granuleuse située entre la substance contractile et le myolemme.

L'*arborisation terminale* est formée de branches sinueuses et irrégulières ; elle présente des dilatations et des renflements successifs et se termine par des extrémités libres, le plus souvent arrondies ou renflées. On voit la gaine de Schwann accompagner toutes ces ramifications avec ses propres noyaux.

Noyaux de la plaque terminale. — Ces noyaux sont nombreux et ils occupent trois plans :

1° Les plus superficiels sont les noyaux de la gaine de Henle : ils sont appliqués à sa face profonde. Petits, irréguliers et granuleux, ils se laissent fortement colorer par le carmin. On les appelle *noyaux vaginaux* ;

2° Plus profondément on voit de petits noyaux irréguliers appliqués sur les ramifications du cylindraxe. Ce sont, selon Ranvier, des noyaux de la gaine de Schwann, et il leur a donné le nom de *noyaux de l'arborisation* ;

3° Plus profondément se trouvent quelques gros noyaux, clairs et brillants, paraissant se continuer avec les traînées de sarcoplasme qui sépare les colonnes musculaires. Ces noyaux sont désignés par Ranvier sous le nom de *noyaux fondamentaux*.

Telle est la composition de la plaque terminale des nerfs moteurs.

Dans l'*éminence de Doyère*, on voit difficilement l'arborisation terminale, parce qu'elle est voilée par le sarcoplasme granuleux de la plaque. Chez les insectes, étudiés par Ranvier, la gaine de Schwann n'accompagne pas les arborisations, ce qui explique le petit nombre de noyaux qu'on y trouve. En effet, il n'existe que quelques noyaux fondamentaux, les noyaux de l'arborisation n'existant pas, puisqu'il n'y a pas de gaine de Schwann.

Dans les *buissons terminaux de Kühne*, la plaque motrice est dépourvue de substance granuleuse et de noyaux fondamentaux, tandis que les noyaux de l'arborisation sont nombreux. Les ramifications de la fibre nerveuse, en dehors du myolemme, ont leur gaine de Henle, leur gaine de Schwann, et leur enveloppe de myéline. Ranvier donne à cette portion du buisson terminal le nom de *portion épilemmale*. Les ramifications pénètrent ensuite à travers le myolemme, en perdant leur enveloppe de myéline et leur gaine de Henle qui se continue avec le myolemme. Elles forment la seconde portion du buisson terminal, appelée *Portion endolemmale*. Cette portion est constituée par les ramifications nerveuses, entourées de leur gaine de Schwann avec ses noyaux, mais sans substance granuleuse et sans noyaux fondamentaux.

On voit, en somme, que les terminaisons des nerfs moteurs se font toujours par des extrémités libres, plus ou moins ramifiées.

Contractilité et contraction. — La *contractilité*, ou *irritabilité musculaire*, est une propriété du tissu des muscles en vertu de laquelle ces organes se raccourcissent, sous l'influence de certains excitants. On appelle *contraction* le phénomène de raccourcissement qui s'opère par suite de l'excitation de la contractilité du muscle.

L'excitant par excellence de cette propriété est la volonté. Le

cerveau donne l'ordre à tel muscle de se contracter, et immédiatement il se contracte ; cet ordre est transmis au muscle par un fil télégraphique spécial, le nerf de mouvement. Si ce nerf vient à être coupé, la volonté n'a plus d'action sur le muscle. On peut exciter la contractilité, et par conséquent produire des contractions au moyen d'excitants mécaniques, chimiques et galvaniques portés sur la fibre musculaire elle-même. La contraction est bien plus évidente si l'on porte l'excitation sur le nerf qui se rend au muscle. On se sert, en physiologie expérimentale, du *galvanisme*, qui constitue l'excitant le plus énergique, après la *volonté*.

Les muscles, en se contractant, font entendre un *bruissement particulier* que l'on peut constater au moyen du stéthoscope, et qui est dû à l'agitation fibrillaire. Ce phénomène est surtout sensible dans un muscle en contraction soutenue. Ce mouvement fibrillaire peut être perçu à l'œil nu.

Les physiologistes ont beaucoup discuté pour savoir si la contractilité est inhérente à la fibre musculaire ou aux éléments nerveux qui l'accompagnent. Il était difficile de résoudre la question, car il est à peu près impossible de détruire tous les éléments nerveux d'un muscle. Haller avait distingué nettement la contractilité musculaire et l'excitabilité des nerfs, et dans ces dernières années, Claude Bernard a tranché la question en employant un poison, le *curare*, qui a le singulier privilège d'abolir l'excitabilité des nerfs tout en laissant aux muscles le pouvoir de se contracter sous l'influence des excitants directs.

On introduit sous la peau d'une grenouille quelques gouttes de dissolution de curare ; au bout de deux ou trois minutes, l'empoisonnement est complet. On enlève la peau de l'animal en mettant à nu les nerfs et les muscles. Il est alors facile de constater que toutes les excitations sur les nerfs sont sans influence sur la contractilité, tandis que les muscles entrent immédiatement en contraction si l'excitant agit directement sur eux. Donc l'*excitabilité des nerfs* est indépendante de la *contractilité musculaire*.

L'expérience suivante sert de contre-épreuve : si, avant d'empoisonner l'animal, on coupe le nerf sciatique en même temps qu'on pratique la ligature des vaisseaux fémoraux, on remarque, après la mort, que le nerf, du côté où les vaisseaux ont été liés, a conservé la propriété de faire contracter les muscles sous l'influence des excitants. Cette expérience montre aussi que les poisons sont portés dans l'épaisseur des tissus par les voies de la circulation, car, dans l'expérience citée, le membre inférieur n'a pas été atteint par le poison, puisque l'artère fémorale est liée.

Cet étrange poison n'a aucune action sur les nerfs sensitifs, en

sorte que l'animal empoisonné est privé de mouvement, en même temps qu'il est susceptible de ressentir la douleur.

La contractilité musculaire disparaît si l'on prive complètement les muscles de la circulation sanguine. En effet, lorsqu'on pratique, sur un animal à sang chaud, les ligatures nécessaires pour empêcher l'arrivée du sang dans le membre inférieur, on remarque, au bout de quelques heures, que la contractilité musculaire est perdue ; mais on peut la faire reparaître en enlevant la ligature et en rétablissant le cours du sang.

Lorsque sur l'animal vivant on divise un nerf moteur (on observe souvent ce phénomène chez l'homme à la suite de traumatismes), les muscles correspondants conservent leur contractilité pendant quelques jours ; mais, au bout de quatre jours, ils ne se contractent plus sous l'influence du courant électrique. Ils subissent alors très rapidement l'atrophie graisseuse (Duchenne de Boulogne).

Rétractilité. — La rétractilité est aussi une propriété inhérente à la fibre musculaire, et en vertu de laquelle un muscle se raccourcit d'une manière permanente, lorsque ses extrémités ont été maintenues rapprochées pendant un certain temps. On appelle *rétraction* l'acte par lequel le muscle revient sur lui-même. La rétraction, sorte de phénomène pathologique, ne disparaît pas, et lorsque le muscle est vraiment rétracté, il est irrévocablement raccourci : c'est ce qu'on observe dans les luxations anciennes, dans les ankyloses, dans les pieds bots, etc. Le muscle en rétraction est souvent frappé de dégénérescence. Cependant, certaines rétractions sont passagères et peuvent être produites par le froid. Exemple : *torticolis*.

Les *contractures musculaires*, qu'on observe chez les hystériques et qui disparaissent par le sommeil hypnotique et par la suggestion, sont aussi des rétractions passagères.

Lorsque les deux bouts d'un muscle divisé se raccourcissent en vertu de la tonicité, on dit quelquefois qu'ils se rétractent ; il faut prendre ici le mot rétraction dans le sens de raccourcissement.

Tonicité. — La tonicité, ou force tonique, est une propriété inhérente à la fibre musculaire. C'est une demi-contraction involontaire des muscles. Sur le vivant, les muscles en repos sont constamment à l'état de tonicité. Cette force tonique est évidente dans les sphincters, qui sont constamment fermés ; elle est démontrée par les paralysies, qui détruisent la tonicité en plaçant les muscles dans le relâchement. On comprend pourquoi les matières s'écoulent des réservoirs dont les sphincters sont paralysés,

pourquoi les muscles du côté sain entraînent ceux du côté opposé dans la paralysie faciale, pourquoi les membres se placent spontanément dans la flexion, lorsque les extenseurs sont paralysés, etc.

C'est en vertu de la tonicité musculaire que les deux extrémités d'un muscle divisé se raccourcissent.

Les muscles, par leur tonicité, règlent et mesurent les mouvements des muscles antagonistes, les extenseurs pour les fléchisseurs, et réciproquement.

La tonicité est un *phénomène nerveux réflexe*, dont le point de départ est dans la moelle épinière. Lorsqu'on interrompt la continuité nerveuse entre un muscle et la moelle épinière, le muscle perd sa tonicité. Si l'on enlève la moelle à un animal, tous les muscles du corps sont privés de tonicité (voy. *Fonctions de la moelle épinière*).

État des muscles après la mort. — Après la mort, les muscles conservent pendant un certain temps les propriétés inhérentes aux fibres musculaires ; elles sont ensuite remplacées par la rigidité cadavérique.

Sur les animaux à sang chaud et chez l'homme, sur un supplicié, par exemple, la contractilité musculaire persiste pendant dix à douze heures. Elle persiste également sur un muscle qu'on sépare d'un animal vivant.

Lorsque la contractilité disparaît, cette disparition a lieu dans l'ordre suivant, chez les animaux à sang chaud, d'après Nysten. Le ventricule gauche du cœur perd d'abord sa contractilité, puis viennent le tube digestif, le ventricule droit, les muscles du tronc, ceux des extrémités postérieures, ceux des extrémités antérieures, et enfin les oreillettes du cœur.

La durée de la persistance de la contractilité varie selon le milieu dans lequel le cadavre est placé. Elle dure moins, par exemple, si le cadavre se refroidit lentement. Si on place le cadavre dans un milieu d'acide carbonique ou d'hydrogène sulfuré, la durée est moindre aussi. Les acides, l'alcool, l'éther, certains poisons, l'anéantissent plus ou moins rapidement.

Rigidité cadavérique. — C'est un durcissement de la fibre charnue, survenant en général de douze à dix-huit heures après la mort, et cessant au moment où commencent les premiers phénomènes de la putréfaction. La rigidité cadavérique est due à la *coagulation de la musculine* ou *myosine*, substance qui compose en grande partie les fibres musculaires.

Cette raideur oppose une vive résistance au mouvement d flexion qu'on cherche à imprimer aux parties. Elle saisit les mu

cles dans la position où ils se trouvent. Elle commence par les extrémités des membres, d'où elle gagne insensiblement le tronc.

Elle se montre également sur les membres paralysés.

On peut produire artificiellement la rigidité cadavérique. Pour cela, Stannius liait sur un lapin l'aorte abdominale et l'artère crurale d'un membre ; trois heures après, la rigidité commençait dans le membre refroidi ; elle était complète au bout de cinq heures. S'il enlevait les ligatures et que l'animal survécût, la rigidité disparaissait au bout d'une heure ou deux.

Il ne faut pas confondre la rigidité cadavérique avec la congélation ; on voit quelquefois, en hiver, les liquides du cadavre se congeler et donner au sujet la consistance du marbre.



Fig. 826. — Atrophie du membre supérieur gauche. La plupart des muscles de l'avant-bras sont atrophiés, le long supinateur est conservé ; il existe aussi une atrophie complète du triceps.

La *dégénérescence graisseuse*, l'*atrophie*, la *contracture*, les *convulsions*, etc., peuvent affecter le tissu musculaire à fibres striées.

Dégénérescence graisseuse. — Encore appelée *atrophie graisseuse*, cette maladie consiste en une altération du tissu musculaire, dans laquelle on observe le développement, entre les fibres, de granulations graisseuses qui augmentent insensiblement de nombre et de volume, en même temps que les fibrilles s'atrophient. Au bout d'un certain temps, la partie charnue du muscle est remplie de substance grasse.

Atrophie fibreuse. — Il existe une autre espèce d'atrophie, l'*atrophie fibreuse*, dans laquelle les faisceaux primitifs diminuent de longueur et de largeur, et déterminent l'amincissement, la rétraction des membres. Au bout d'un temps variable, le myolemme se remplit de granulations non graisseuses.

Atrophie musculaire progressive. — La dégénérescence graisseuse des muscles avec atrophie s'observe dans une variété de maladie conduisant fatalement à la mort, l'*atrophie musculaire progressive*. Cette maladie s'annonce généralement par l'atrophie

des muscles interrosseux de la main et de ceux des éminences thénar et hypothénar. L'atrophie gagne les muscles de l'avant-bras, où elle peut s'arrêter ; mais le plus souvent, elle envahit progressivement tout le système musculaire et réduit le malade à un squelette recouvert par la peau.

Dans cette singulière affection, le malade, complètement anéanti, n'a plus seulement la force de se supporter lui-même ; il ne peut plus soulever ses membres, et sa tête tombe de tout son poids sur la poitrine.

On ne saurait s'imaginer à quel degré de déformation peuvent être portés les membres par suite d'atrophie. La figure 827 en est un exemple remarquable.

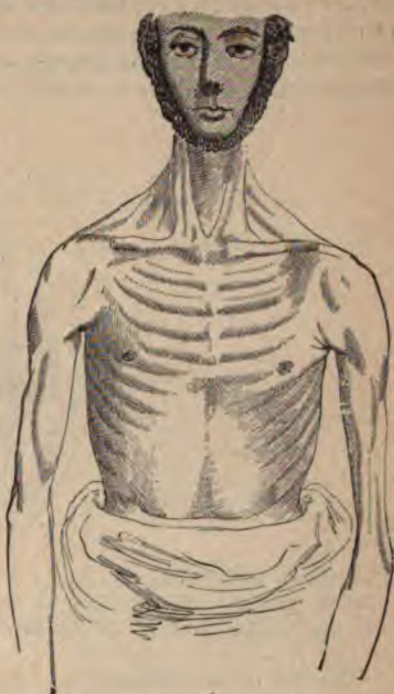


Fig. 827. — Atrophie complète des muscles pectoraux ; les côtes sont aussi visibles que si elles n'étaient recouvertes que par la peau.

Contractures. — C'est un état anormal d'un ou de plusieurs muscles consistant en une contraction permanente ; c'est une *rétraction momentanée*. Elle est le plus souvent produite par le froid ; exemple : *torticolis*. Dans la contracture, qui est souvent très douloureuse, les muscles se raccourcissent et impriment des inclinaisons vicieuses aux différentes parties du corps. La contracture peut encore s'observer chez les hystériques, elle peut être transitoire, c'est le cas le plus fréquent ; mais elle peut devenir permanente et s'accompagner, à la longue, d'un plus ou moins grand degré d'atrophie musculaire, consécutive à une impotence fonctionnelle du membre atteint.

Crampes. — Les crampes sont des contractures momentanées. Elles reviennent quelquefois à intervalles réguliers.

Convulsions. — On appelle convulsions des contractions musculaires successives et saccadées. Les *convulsions toniques* sont

celles qui s'accompagnent d'un certain degré de contracture, et qui maintiennent le malade dans un état de raideur plus ou moins complète, comme dans le tétanos et l'épilepsie. Dans les *convulsions cloniques*, les contractions musculaires sont très énergiques et ne sont point accompagnées de contracture. Dans ces sortes de convulsions, le malade exécute des mouvements très étendus, comme on le voit dans la chorée et l'hystérie.



Fig. 828. — Déformation des doigts à la suite de l'atrophie des faisceau du fléchisseur profond destinés au médius et à l'annulaire. (Duchenne de Boulogne. *Elect. local.*, p. 971, fig. 204.)

Dans les crises épileptiques, on remarque les deux variétés de contractions; les *convulsions toniques* apparaissent les premières; elles ont, d'ailleurs, une durée beaucoup plus courte que les *convulsions cloniques*, qui leur succèdent.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU CORPS HUMAIN ET EMBRYOLOGIE

DEUXIÈME PARTIE

TISSUS ET SYSTÈMES ANATOMIQUES

SECTION PREMIÈRE

TISSUS DÉRIVÉS DE PLUSIEURS FEUILLETS DU BLASTODERME

CHAPITRE PREMIER

ÉPITHÉLIUMS

CHAPITRE II

GLANDES

CHAPITRE III

SÉREUSES

SECTION DEUXIÈME

TISSU FORMÉ PAR L'ECTODERME

CHAPITRE UNIQUE

CHAPITRE V

SECTION TROISIÈME

TISSUS FORMÉS PAR LE MÉSODERME

CHAPITRE PREMIER

CHAPITRE II

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY



NAME	DATE DUE

